

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbooks.com

قصة تكنولوجيا

الهندسة الوراثية



مارك ي. هيرينغ

قصة تكنولوجيا

الهندسة الوراثية

يضم هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي
Genetic Engineering
حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون، ش.م.ل.
Translated from the English Language edition of *Genetic Engineering/Historical Guides to Controversial Issues in America,* by Mark Y. Herring, originally published by Greenwood, Press, an imprint of ABC-CLIO / Greenwood.

قصة تكنولوجيا

الهندسة الوراثية

تأليف

مارك ي. هيرينغ

ترجمة

رفيف كامل غدّار





الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. SAL



الطبعة الأولى

1432 هـ - 2011 م

ردمك 978-614-01-0258-3

مركز البابطين للترجمة

الكويت، الصالحية، شارع صلاح الدين، عمارة البابطين رقم 3

ص.ب: 599 الصفاة رمز 13006، هـ 22412730 (00965)

البريد الإلكتروني: tr2@albabtainprize.org



عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم

هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (1-961+)

ص.ب: 5574-13 شوران - بيروت 2050-1102 - لبنان

فاكس: 786230 (1-961+) - البريد الإلكتروني: bachar@asp.com.lb

الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

التنضيد وفرز الألوان: **أبجد غرافيكس**، بيروت - هاتف 785107 (1-961+)

الطباعة: **مطابع الدار العربية للعلوم**، بيروت - هاتف 786233 (1-961+)

مركز البابطين للترجمة(*)

"مركز البابطين للترجمة" مشروع ثقافي عربي مقرّه دولة الكويت، يهتم بالترجمة من اللغات الأجنبية إلى العربية وبالعكس، ويرعاه ويموّله الشاعر عبد العزيز سعود البابطين في سياق اهتماماته الثقافية وضمن مشروعاته المتعدّدة العاملة في هذا المجال.

ويقدّم المركز هذا الإصدار، ضمن سلسلة كتب تتناول عرضاً وشرحاً مُسهباً وتقنياً لأهم تكنولوجيات العصر وعلومه الحديثة، وذلك في إطار الكتب التي يشجّع ترجمتها إلى العربية، ومساهمةً منه في رفد الثقافة العربية بما هو جديد ومفيد، وإيماناً بأهمية الترجمة في التنمية المعرفية وتعزيز التفاعل بين الأمم والحضارات.

وإذ يحرص "مركز البابطين للترجمة" على اختيار هذه الكتب وفق معايير موضوعية تحقّق الغايات النبيلة التي أُنشئ لأجلها، وتراعي الدقّة والإضافة العلمية الحقيقية، فمن نافل القول إن أي آراء أو فرضيات واردة في هذه الكتب وتم نقلها التزاماً بمبدأ الأمانة في النقل، فإنما تعبّر حصراً عن وجهة نظر كاتبها ولا تلزم المركز والقائمين عليه، بأي موقف في أي حال من الأحوال. والله الموفّق.

(*) tr2@albabtainprize.org

المحتويات

تمهيد

عندما بدأتُ هذا الكتاب قبل أكثر من سنة، كانت الهندسة الوراثية، بالرغم من كونها لا تمثّل مصطلحاً مألوفاً، تتصدّر إلى حدّ كبير العناوين الرئيسية. واليوم أصبح مصطلح الهندسة الوراثية كلمة طنّانة مألوفة، ونادراً ما يمرّ يوم لا يقدّم معلومة، أو استراتيجية، أو خطة جديدة لاستخدام، أو منابلة (اللفظ المعرّب لكلمة manipulation وتعني معالجة الشيء ببراعة)، أو محاولة إدخال الهندسة الوراثية في حياتنا اليومية.

يجب ألاّ ننظر إلى هذا إلا كأخبار جيدة، حتى لو لم يكن إلا لسبب وحيد هو أنه ينقل موضوعاً هاماً ومفهوماً من قِبَل فئة قليلة إلى المشهد الأمامي من حياتنا الفكرية. لسنوات عديدة جداً، كان الحمض النووي المؤتلف (Recombinant DNA) ونسله حقلَ الاختصاص لقلّة مختارة. ومثل كهنة الإغريق القدماء (الهَيرَفَنت) في شعيرة دينية غامضة، كان أطباء الحمض النووي المؤتلف وجميع طبقتهم راضين بإخبار عامة الناس كلّ ما احتاجوا إلى معرفته على أساس الحاجة إلى المعرفة. وما زاد الأمور تعقيداً أنّ ما كُتِب عن الهندسة الوراثية قد ازداد بشكلٍ هائل في الخمس عشرة سنة الفائتة. على سبيل المثال، فاق عدد الكتب المنشورة حول الهندسة الوراثية في السنوات التسع الماضية عدد تلك التي نُشِرت في الخمس عشرة سنة التي سبقتها![1] ومع ذلك، لم تبدُ هنا أية نيّة شريرة أو حتى مؤامرة لإخفاء المعلومات عن عامة الناس. بدلاً من ذلك، أجبر التعقيد المطلق لموضوع أبحاث أولئك الأطباء على كتابة تقارير عن الهندسة الوراثية فقط عندما يضطرون قطعاً إلى ذلك.

تغيّر كلّ ذلك عندما غيّر الحمض النووي المؤتلف لأوّل مرة الطعام الذي نأكله بتغيير تركيب ذلك الطعام. وتغيّر أيضاً مرةً أخرى عندما ظهرت النعجة المستنسخة دوللي على الشاشة وأصبح موضوع الاستنساخ، الذي كان خيالاً علمياً في ما مضى، حقيقةً شبه مؤكّدة. إنّ الهندسة الوراثية الآن هي الأهمّ في عقول العديد منا، وهكذا يجب أن تكون. ولكن هاكم المشكلة: لا تزال الهندسة الوراثية موضوعاً غايةً في التعقيد، وما زاد في تعقيدها هو مستوى التعليم المطلوب حتى لفهم أجزائها الأساسية.

وما يعقّد الأمور أيضاً أنّ الزعماء أنفسهم في هذه المناظرة – العلماء المشتركين

في الأبحاث - لا يستطيعون الموافقة على أيّ شيء تقريباً بذلك النوع من اليقين الذي نتطلّبه نحن الأشخاص غير الاختصاصيين من أجل اتّخاذ قرار. ولا يسهِّل الأمور أيضاً أنهم يعزون كلّ شيء ممكن تقريباً إلى الهندسة الوراثية. لن يمضي زمن طويل قبل أن تنزل إلى الأسواق قمصان تائية عليها شعار: "الفضل لجيناتي". على سبيل المثال، تعلّمنا مؤخّراً أنّ الجينات مسؤولة عن "هزّة الجماع الأنثوية المتقلّبة"[2]. كما أُخبِرنا أنّ الجينات مسؤولة عن التشرّد، ناهيك عن أمراض عديدة[3]. مرةً أخرى، قد لا تكون الجينات مسؤولة عن كلّ ذلك، وحتى لو استطعنا أن نجد حلاً لأمراض متنوّعة عديدة تهيمن عليها الجينات، فلن يغيّر هذا الكثير لأنّ الكثير جداً من الضعف البشري متعدّد العوامل أو ناشيء عمّا هو أكثر بكثير ممّا سيعالجه تغيير جين واحد[4]. بالنسبة إلى العديد منا، نحن مثل عضو مجلس المدينة ذاك (القصة واردة في الفصل 9) الذي، وبعد أن سمع كلا طرفَي المناظرة لساعات عديدة، واستمع إلى مجموعة بديعة مثيرة للإعجاب من الخبراء لكلا الطرفين، أسند ظهره إلى كرسيه وقال: "من يُفترَض بي أن أصدّق بحقّ الله؟"، لكلّ نقطة تمّ الاهتمام بها في هذا الكتاب، نقطةٌ مضادّة مؤثِّرة بالقدر نفسه. لا يزيد هذا من صعوبة سرد القصة فحسب، بل يُصعِّب الأمر أيضاً على القارىء.

يُحتمَل أيضاً أنّ انقسام فريقَي المناظرة بالتساوي يسهِّل على أولئك العاملين في الصحافة أن يُخبروا قصةً بالكيفية التي يريدونها، حيث يلفّقونها كما يختارون، ويروونها كما لو كانت النقطة الجوهرية أو القصة الحقيقية. وهم محقّون ما لم تأخذ، بالطبع، بضع دقائق وتكتشف أنّ النقيض تماماً هو أيضاً "النقطة الجوهرية" أو "القصة الحقيقية". وبالتالي فإنّ القيام بأي نوعٍ من التوصية هو أمرٌ غايةٌ في الصعوبة. ولهذا، فإنّ التوصيات القليلة الموجودة في هذا الكتاب تحاول أن تأخذ في الاعتبار قدر ما يمكن من الدليل ومن ثمّ تتّجه نحو قدر ما هو معقول من الأرضية المشتركة.

كوني قلت ذلك، يجب أن أضيف أنّ هذا الكتاب ليس رسالة طويلة تحزُّبية. وأعني بذلك أنه لا توجد نيّة هنا لتحديد تصرُّف أو تأييد وجهة نظر معيّنة. بدلاً من ذلك، حاولت أن أوفّر أكبر قدر ممكن من المعلومات ومن ثمّ أن أدعك، كقارىء، تقرّر وجهةَ النظر التي تعتقد أنها الأنصف عقلياً أو السياقَ الأكثر حكمة. في كتاب جون ستيوارت ميل، **حول الحرّية** *On Liberty*، يقدّم ميل العذر المثالي لكتابٍ كهذا عندما يجادل بأنّ "الطريقة الوحيدة التي يمكن بها لإنسان" أن يعرف شيئاً معيّناً هي "من خلال سماع ما يمكن أن يُقال عنه من قِبَل أشخاص متنوّعي الآراء"، ودراسة كلّ

الأشكال التي يمكن بها البحث فيه. ... ويتابع ميل ليقول إنه لا يمكن لرجلٍ حكيم أن يفعل أفضل من هذا. لقد ضمّنت الكتاب تقديمات من أفضل العقول التي كتبت بوضوح حول الموضوع، سواء أكانوا علماء من الطراز الأوّل، أو صحفيين بارعين، أو أخلاقيين متألّقين، أو الثلاثة معاً.

وكما هو الحال في معظم المواضيع المشابهة، حيث تسبق المعرفة والقدرة على فعل شيء قدرتنا على فهم النتيجة العرضية، فإنّ الهندسة الوراثية قد سبقت قدرتنا على فهم تشعّباتها الأخلاقية. تمّ بذل الكثير من الجهد في هذا الكتاب لجعل الاعتبارات الأخلاقية أكثر وضوحاً. وهذا شيء عادل فقط. عندما بدأ مشروع الجينوم البشري في بداية تسعينيات القرن الماضي، خُصِّص 15 بالمائة من ميزانيته للتعمّق في الأمور الأخلاقية. وفي حين أنه لا يوجد فصلٌ عن الأخلاق، إلا أنّ كلّ موضوع مُعالَج في كلّ فصل من فصول هذا الكتاب له قسمه الأخلاقي الخاص به.

بسبب التعقيد المذكور آنفاً لموضوع البحث، فإنّ معظم الأشخاص العاديين (غير الاختصاصيين) يكتسبون معلوماتهم الخاصة بالهندسة الوراثية من أيّ مكان يُتاح لهم. وبالنسبة إلى الغالبية العظمى منّا، هذه هي الأخبار في أشكالها المتنوّعة: الصحف، والتلفزيون، ونشرات أخبار الراديو، والإعلانات الإلكترونية سواء عبر البريد الإلكتروني أو الإنترنت. ولكنّ العديد منّا، سواء أشئنا الاعتراف بذلك أم أبينا، يتأثّر أيضاً بما يراه في الأفلام أو يقرأه في كتب الخيال. وبالرغم من أننا قد ننظر إلى العديد من هذا بعينٍ متحامِلة، إلا أنّ الحقيقة هي أنّ الكثير ممّا كان خيالاً علمياً قبل 25 سنة هو الآن حقيقة قادتنا ربما إلى التصديق بشيء لا يجب التصديق به. فكِّر، على سبيل المثال، في الرائيليين (أتباع الرائيلية التي أسّسها كلود فوريلون في باريس في فرنسا في العام 1974 وترتبط فكرتها بكائنات فضائية افتراضية) وادّعاءاتهم الشاذّة حول غزاة فضائيين والمنابلة الوراثية[5]. يحاول الفصل 1 أن يعكس ما شاهدناه أو قرأناه على مدى السنوات في ما يتعلق بالهندسة الوراثية. لن يكون مفاجئاً لنا أنّ الكثير ممّا أُخضِعنا له قد مُزِج بالحقيقة بحيث إنّ فصل الخيال عنه هو أمرٌ شبه مستحيل. إنّ وجهات النظر في هذا البلد مقارنةً بوجهات النظر في بلدان أخرى هي نفسها تقريباً باستثناء وحيد: الكيفية التي ننظر بها إلى التطبيقات الزراعية للهندسة الوراثية. ففي البلدان الأخرى، ليست وجهات النظر بشأن المنابلة الوراثية أكثر وخامة فحسب، بل أيضاً أكثر تطرّفاً من وجهات نظرنا الخاصة.

الفصل 2 هو أكثر الفصول التسعة تقنيةً ويحتوي على أكثر المعلومات تفصيلاً حول الحمض النووي المؤتلف وعمليته العلمية. يبدأ الفصل بتاريخ موجز للفهم الوراثي، منذ الأزمان الأولى وخلال زمن مندل المألوف وبازلاء حديقته، وهو موضوع يُدرَّس لمعظم طلاب الصفّ التاسع. ومع ذلك، فإنّ اكتشاف اللولب المزدوج من قِبَل العالِمَين واطسون وكريك يعلِّم نقطة في هذا التاريخ حيث يسبق الفهم العلمي قدرة عامّة الناس على المتابعة. وفي حين أنه قد تمّ بذل كلّ جهد ممكن لجعل هذا ممكن الوصول، إلا أنّ أوجه هذه العملية لا يمكن فهمها بسهولة. إنني أطلب صبر القارىء في هذا الفصل.

يُكمل الفصل 3 القصة بعد اكتشاف اللولب المزدوج. أصبح السؤال، بما أننا الآن نعرف هذا: ما التالي؟ كان التالي هو الحمض النووي المؤتلف والوعود والأحزان المرتبطة باستعمالاته. يشتمل هذا الفصل على بعض المعلومات التقنية، ولكن بقدرٍ أقلّ بكثير من الفصل السابق. يتمّ في هذا الفصل أيضاً معالجة بحث الخلايا الجذعية ومؤتمرات أسيلومار الشهيرة في سبعينيات القرن الماضي حول الجانب السلبي المحتمل لبحث الحمض النووي المؤتلف.

هل نحن حقاً ما نأكله؟ إذا كنا كذلك، فإنّ الفصل 4 يزوّد ببعض المعارف العميقة حول ما قد يعنيه هذا لمستقبلنا مع الهندسة الوراثية. تتمّ مناقشة ما يُسمّى بالأغذية المعدّلة وراثياً (frankenfoods) ويُبذَل جهدٌ لمحاولة إيجاد أرضية مشتركة بين أولئك الذي يشعرون بأنّ أيّ قدر من الحمض النووي المؤتلف في الطعام هو كثيرٌ جداً، وأولئك الذين يشعرون أنه، بغضّ النظر عمّا نضيفه، لا يمكن أن يسبّب احتمالاً الكثير من الأذى. تتمّ أيضاً مناقشة الاختلافات بين الأميركيين والأوروبيين.

أصبحت دوللي اسماً مألوفاً في أواسط تسعينيات القرن الماضي عندما قام عالِمان، إيان ويلموت وكيث كامبل، باستنساخها إلى الوجود. يكشف الفصل 5 هذه القصة ويذكّر القرّاء أنّ دوللي كانت واحدة فقط من سلسلة طويلة من الحيوانات المعدّلة وراثياً (animals transgenic). يتناول هذا الفصل أيضاً قضية الحيوانات "المنتِجة للعقاقير pharms" وأخلاقيات استعمال الحيوانات المستنسخة لعلاج الأمراض.

ربما يكون مشروع الجينوم البشري مألوفاً لكلّ قارىء لهذا الكتاب. يوجز الفصل 6 نقاطه الأشدّ أهميةً فقط، وقد بُذِل بعض الجهد للتزويد بخلفية تاريخية لهذا الفصل. من أجل إعلام القرّاء بالتعقيد الوراثي النسبي، أو الافتقار إليه، في نوعنا

(ظننـا فـي البدايـة أنّ البشـر مؤلّفون من 100,000 جين، ويبـدو الآن أننا مؤلّفون فقط مـن نحـو 25,000 جيـن؛ أكثر قليلاً مـن تعداد الجينات في ذبابة الفاكهة العادية)، فقد عمـدت إلـى روايـة ليـس التاريخ فقط، بل أيضاً بعض الشـجار التلاحمي الذي جرى خلـف الكواليـس. بالنظـر إليه اليوم، يبدو مشـروع الجينوم البشـري علماً يبذل أقصى طاقته، ومع ذلك لا تزال الجدالات تفور حول المشروع، وتمويله، ومن يستحق أكثر نسبة الفضل إليه.

يسـتعرض الفصل 7 كلّ التطبيقات الطبية للهندسـة الوراثية. وبالرغم من احتواء كلّ فصل على بعض المعلومات الطبية، إلا أنّ الفصل السابع يلخّص كلّ الاكتشافات الطبية الحاسمة والعلاجات الممكنة في محاولة لتحقيق أكبر قدر ممكن من الشمول بشأن آخر التطوّرات في الهندسة الوراثية والعلوم الطبية. يتمّ التركيز أيضاً على أفضل المعلومات الممكنة بشأن النجاحات والإخفاقات، وأيضاً على المناظرة بشأن الخلايا الجذعية وأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية.

يزوِّد الفصل 8 القرّاء بأحدث المعلومات حول الكيفية التي يتمّ بها الآن استعمال الحمـض النـووي فـي قاعـات المحاكم عبر الكرة الأرضية. وفي حين أنّ كلّ مشـاهِد لفيضان برامج التحرّي التلفزيونية الحديثة يعرف بشـأن دليل الحمض النووي، إلا أنّ القرّاء قد لا يكونون مدركين للجدل المستمرّ بشأنه. يجمع هذا الفصل أحدث الأبحاث ويزوّد القرّاء بخريطة لكيفية التمييز بين دليل الحمض النووي وتفسير الحمض النووي لذلك الدليل.

يربط الفصل 9 كلّ الأطراف السائبة المتبقّية معاً، مزوِّداً القرّاء بأحدث المعلومات حتى سـنة النشـر (2006). سيجد القرّاء هنا الدليل الجديد المتوفّر بشـأن تقنيّات طبية معيّنة ظُنّ في ما مضى أنه لا بأس بها ولكنها طرحت الآن أسئلة خطيرة. يعالج هذا الفصل أيضاً موقف إدارة جورج و. بوش بشأن بحث الخلايا الجذعية كما أُعلِن في صيـف العـام 2005. يحتـوي هـذا الفصل على دراسـة لأحدث المناظـرات الأخلاقية القائمـة فـي وقـت نشـر هـذا الكتـاب. ويختم الكتـاب ببضع توصيـات لتوجيه أفضل أرضية مشتركة ممكنة بين المؤيّدين المتحزّبين للهندسة الوراثية من جهة، والمعارضين المتحزّبين من جهة أخرى[6]. وحدهم القرّاء سـيتمكّنون من الحكم عمّا إذا كنت، كما رجوت، قد تجنّبت أي ذرة من التحيّز.

1

"إنه حيّ!":
فهم العامّة للهندسة الوراثية

لم يتجرّأ أحدٌ أبداً على تجاوز الطريق المغطّاة بالحصى إلى ما أسماه السكّان المحلّيون منزل البرج القائم على الصخرة المثلّمة شديدة الانحدار المطلّة على الخليج. وقد كان هذا لسببٍ وجيه. فحتى في الليالي المقمرة، كان ثمة شيء موحِش بشأنه. وقد بدا الليلة منذراً بالشرّ بصورة خاصة وسط الأمطار الغزيرة وقصف الرعد. هبّت الريح بعنف، ولمع البرق بتشبُّكات مسعورة مجزّعة عبر السماء. بالنظر إلى حجمه، ستظنّ أنّ المنزل الكبير قد زوّد بمأوى لشخصٍ مشهور، ولكنّ الجميع في داربي كان يعرف أن غرايسون لم يكن شخصاً مشهوراً. وبالفعل، لم يكن غرايسون مشهوراً إلا بغرابة أطواره. ماذا أسمى نفسه على كل حال؟ مخترعاً؟ لقد كانت لديه بالفعل هيئة العالِم المخترِع، وبدا شعره المكوَّم الشبيه بشعر آينشتاين مُكهرباً أكثر منه ممشّطاً. وعيناه! يا الله! كانتا مثل خرزتَين، حقاً، باستثناء تينك العدستَين الكبيرتَين السميكتَين قرنيَّتَي الإطار اللتين أسماهما نظارة واللتين كبّرتا عينيه ثلاث مرّات وربما خمس مرّات. لا يمكنك أن تنظر إليهما (ليس طويلاً على أية حال). وعلاوة على ذلك، ما الذي اخترعه أبداً؟ أوه! كانت هناك أنواع الأشياء المعتادة، مثل تلك الأداة الغريبة الصغيرة والممكننة التي كانت تأتي إلى الباب (بافتراض أنّ الزائر انتظر لوقتٍ طويل بعد قرع الجرس). أو الحزام الناقل الذي كان يجلب صحيفته وبريده.

لم يكن غرايسون يخرج من البيت إلا نادراً، وهو أمرٌ زاد من غرابة أطواره. وإذا حدث وخرج بالفعل، فقد كان يضع غطاءً للوجه أشبه ببرقع ولكن للرجال. أشيع أنه

لم يكن يستطيع الخروج بسبب شدة حساسيته تجاه الشمس، ظنّ معظم الناس أنها وليدة اختراع فظيع مضى بشكلٍ خاطئ وأدّى إلى تشويه وجهه بشكلٍ لا يقبل الصحبة. لم يسمح غرايسون أبداً لأي شخص أن يراه، باستثناء مراسلٍ معيّن كتب قصة عنه قبل خمس سنوات. وقد قيل إنّ المراسل شغل وظيفةً لاحقاً في نيويورك ولكنّ أحداً لم يرَ اسمه أبداً على أيّ مقال بعد ذلك. يجعلك هذا الأمر تتساءل. تتساءل؛ عن أشياء لا يمكن تصوُّرها!

ثمّ كانت هناك تلك الروبوتات (جمع روبوت ومعناها الإنسان الآلي) غريبة الأطوار التي أشيع أنها كانت منتشرة في جميع أنحاء منزله. ربما لم يسمح غرايسون لأيّ أحد أن يراه، ولكنّ ذلك لم يمنع أطفالَ الحيّ من اختلاس النظر إلى منزله أو القيلَ والقال المحلّي من تضخيم ما رأوه أو سمعوه. على كلّ حال، أشيع أنّ روبوتاته غريبة الأطوار كانت تجري في كلّ أنحاء منزله جالبةً الأشياء التي يحتاج إليها: الدوارق، وأنابيب الاختبار، ومواقد بنزن (كيميائي ألماني). أسماها روبوتات، وهكذا بدت للعين المنتبهة. ولكنّ التفحُّص عن قرب كشف صفة بشرية مخيفة بشأنها. فهي لم تكن تتكلّم باستثناء إصدارها لذلك الصوت البشع المركّب المرتبط في كثيرٍ جداً من الأحيان بالكمبيوترات. وكلّما تكلّمت هذه الأشياء، وجدت نفسك ترتعد رغماً عنك. النقطة هي أنّ كلّ يوم في منزل غرايسون بدا مثل ليلة هالوين.

في الحقيقة، إن المنزل بأكمله، وجوّه السائد، فاحت منه رائحة كيماويات لاذعة حرقت عينَي وأنف أيّ شخص قليل الحظّ بما يكفي ليكون في الجوار. حسناً، أعني أيّ شخص باستثناء غرايسون. وأضف إلى ذلك كلّ تلك الأصوات الكئيبة التي تسرّبت من النوافذ محكمة الإغلاق مع الطنين، والهسهسة، والدمدمات الحنجرية المخيفة التي جعلت الأطفال الصغار يهربون بحثاً عن مخبأ. لم يكن هذا منزلاً، بل مكاناً مرعباً.

لأسابيع، أُشيع أنّ غرايسون كان يشتغل على شيء بغيض وأنه لا بدّ من إيقافه، أو على الأقلّ تقصّي ما كان يفعله. هنا حيث جاء دوري، حيث لم يرِد أيّ أحد في داربي أن يتلاعب مع غرايسون. أراد المحافظ ستانديش أن يرسل ديكينسون، العمدة، ولكنّ العمدة رفض، قائلاً إنه لا يستطيع أن يعتقل شخصاً لأنه يعمل من بيته. وذكّر المحافظ أنّ نصف سكّان داربي يعملون من بيوتهم. لم يكن هناك قانون ضدّ هذا. وعلاوة على ذلك، ذكّر المحافظ القلق أيضاً أنّ توم، الذي فقد رِجله في حادثة صيد بشعة، قد استرجع استعمالها من خلال روبوتات غرايسون، أو ما شابهها.

النجدة. يا الله! لقد بدت وعملت مثل رِجل بشرية. بدت حقيقية جداً، وقامت بوظيفتها بشكلٍ جيد على نحوٍ لافت. لم تكن طرفاً بديلاً عادياً، حيث كان بإمكان توم حتى أن يركض بها، من دون أي عرج ظاهر. وبالفعل، إذا نظرت إلى توم لا يمكنك أبداً أن تعلم أنه كان أبداً من دونها. ثم كان مرض توم المفاجىء في السنة الماضية، ووفاته قبل انقضاء السنة، أي بالكاد بعد سنتين من تركيب غرايسون لذلك الشيء له. ولم يكن لدى توم أدنى فكرة عن كيفية عمله أيضاً، لأنّ غرايسون خدّره قبل وصل العضو الإضافي. قال الدكتور فاينهيرست إنّ مرض توم كان سرطان البنكرياس، وإنّ توم كان سيموت على أية حال، مع أو من دون الرِجل. كان هذا ما قاله، ولكن لم يتمّ إجراء أيّ تشريح للجثّة لأنّ توم اضطر إلى الذهاب إلى كنلنفيل، حيث أمكنه الحصول على العلاج المناسب. ولم يره أيّ أحد أبداً مرة أخرى، تماماً مثل المراسل.

استخدمتني البلدة للبحث في الأمر، وهكذا كنت هناك في ليلة زعق (نعم، زعق!) فيها الرعد، وزمجرت الريح، وعصفت حول تلك الصخرة الكئيبة شديدة الانحدار بين الأشجار التي بدا أنها لا تحتفظ أبداً بأوراقها لأكثر من شهر أو نحوه كلّ سنة. وقد كان ذلك شيئاً غريباً آخر. تصادف فقط أنّ ذلك الشهر قد تزامن مع مغادرة غرايسون السنوية الممتدة شهراً من داربي في ما أسماه إجازة، بالرغم من أنّ أحداً لم يستطع أن يخبرني أين ذهب أو ما فعل.

كنت قد جرّبت الوسائل التقليدية لرؤية غرايسون ولكنه رفض ذلك رفضاً قاطعاً. ظلّ يخبرني أنّ عمله الهامّ منعه من اقتطاع ساعة، وحتى ربع ساعة، من وقته للحديث معي. ولهذا فقد أخذت الأمر على عاتقي. وهكذا كنت هناك، أشقّ طريقي بجهد بين العلّيق حول منزله؛ شجيرات بدت مثل أيدي هياكل عظمية. أؤكّد لك أنّ هذه الشجيرات اللعينة قد أحاطت بمنزله أفضل من أيّ حصن من صنع الإنسان.

استطعت بصعوبة بالغة أن أموضع نفسي بجانب نافذة صغيرة ونظرت بإمعان إلى حجرة عمله. كانت مختبراً حقيقياً من الأسلاك والخوابي والجرار – كلّ ما يمكن أن يخطر على البال – التي اصطفّت على طول الجدران من الأعلى إلى الأسفل، وأحاطت بحيّز عمل كبير وُضِعت فيه طاولة طويلة في المنتصف. كيف يمكن لأيّ شخص أن يعمل في ظروف كتلك؟ كان عليّ أن أنتظر، ولكن ليس طويلاً، من أجل أن يعطيني البرق رؤية أفضل. ما الذي كان يتحرّك على تلك الطاولة بحقّ الله؟ لم أستطع أن أميّز ما هو من موضعي ذاك بسبب العدد الكبير من الجرار والأسلاك

الشبيهة بالسباغيتي التي تدلّت في أنحاء الغرفة.

صرخت عندما التمع البرق في تتابع سريع: "يا الله!"، وسرعان ما قصف الرعد ووقفت أرتجف بينما تعالت صرختان فوق كلّ شيء. لا يمكنني القول ما إذا كانت إحداهما صرختي. ولكن بالرغم من أنني لا أدّعي أنني مؤمن ورع، إلا أنني أؤكّد لك أنني أصبحت في تلك الليلة رجلاً متضرّعاً. لن أنسى أبداً الصرخة الثانية لأنها جمّدت الدم في عروقي فعلياً. فهناك في الغرفة، وقف غرايسون منتصباً وجأر من أعماق روحه: "إنه حيّ! إنه حيّ!".

والآن قد تبدو هذه طريقة غريبة لبدء كتاب حول الهندسة الوراثية، ولكنها تقدّم الانتقال المثالي نحو كيفية تصوُّرنا غالباً للأعاجيب الطبية التي لا نستطيع أن نبدأ في فهمها. تمّ تمثيل السيناريو أعلاه في عددٍ كبير من الأفلام. وبالفعل، تلك هي الطريقة التي تصوَّرنا بها هذه الأعاجيب لسنوات، حتى قبل أن نحوّلها إلى أفلام. كلّ ما نحن بحاجة إليه هو بعض خيال مسرف واعتماد كثيف على ما لا يقال، بقدر ما يقال. منزل غريب يقطنه شخص مفرِط في غرابة أطواره، معتزلاً الناس يفعل شيئاً، ولكن ما هو هذا الشيء بالضبط، لا أحد يعرف. اجعل ذلك في طقس سيئ للغاية (مُقاطَع دوماً بالتماعات البرق وقصف الرعد) في بلدة صغيرة مسكونة من قِبَل أناس نزّاعين إلى الشكّ بإفراط، وأضف إلى ذلك عالِماً قد يكون أو لا يكون مجنوناً، وستكون لديك العناصر الأساسية لأيّ واحد من عشرات أفلام الرعب التي تُبقي المشاهدين مشدودين.

ولكن هل تلك هي حقاً الطريقة التي نتصوَّر بها الأعاجيب العلمية؟ هي كذلك بالفعل، خصوصاً في ما يتعلق بالهندسة الوراثية. "تزوِّد **القصص الخيالية** بأرضية لأنواع متنوّعة من المحادثات حول الاستنساخ والهندسة الوراثية باقتراح استعارات، ونصوص، وأطر يمكن استخدامها للجدال بشأن هذا التقدُّم العلمي"[1]. بتعبير آخر، إنّ ما نجمعه من الموقف الشعبي يصبح غالباً المُنشَأ اللفظي الذي نستخدمه في الحديث، وحتى في المناظرة بشأن أعجوبة علمية. وفي حالة الهندسة الوراثية، هناك تاريخ طويل إلى حدٍّ ما لهذا، خصوصاً كما تمّ تمثيله في السينما.

يمكن إثبات أساس هذا الزعم بإلقاء نظرة عامة موجزة على التاريخ السينمائي. سواء أكان تشارلز لافتون في فيلم العام 1933 المرعب، **جزيرة الأرواح المفقودة**، أو إرنست ثيسايغر في فيلم **عروس فرانكنشتاين**، أو همفري بوغارت في فيلم **عودة**

الدكتور X، أو حتى بيتر سلرز المرح (ولكن المجنون تماماً، في هذه الحالة) في فيلم **دكتور سترينجلاف، أو كيف تعلّمت أن أتوقّف عن القلق وأحب القنبلة**، فإنّ النتيجة دوماً هي نفسها: أطباء و/أو علماء مجانين يقصدون المشاكل لكلّ شخص آخر، بكلّ تطفّلهم الجهنّمي[2]. لدينا مخاوف فطرية من أولئك الذين يعرفون الكثير، أو الذين يعرفون شيئاً ربما يجب ألاّ يعرفوه، أو يعرفون الكثير من أجل مصلحتهم الخاصة (ومصلحتنا الجماعية). ليس الأمر أنّ هؤلاء الأفراد سيّئون بالضرورة، بالرغم ممّا تبيّن من سوء العديد منهم. الأمر هو أنهم يسعون أبداً وراء ما أسماه ريتشارد شاتوك "المعرفة الممنوعة"[3]. فبالرغم من الإمكانات الرائعة التي قد تملكها الهندسة الوراثية (وسيتمّ شرح تلك الإمكانات مطوّلاً بشكلٍ كامل لاحقاً)، إلا أنّ السؤال الذي يبقى في أذهان العديدين هو ما إذا كانت هذه هي نوع المعرفة التي يملك الناس العاديون القدرة على فهمها.

تقدّم لنا الثقافة الأميركية تلك المخاوف المقلقة والشكوك المزعجة بطرق عديدة. على سبيل المثال، قلّة منا ممّن تجاوزوا الأربعين من العمر سينسون فيلم **الكتلة الصغيرة** *The Blob* (1958)[4]. في فيلم الدرجة الثانية هذا (أفلام من صنف دُون معروفة بحبكاتها المتوقّعة ورديئة البناء، وبممثّليها من الدرجة الثانية)، يُنشَر نوعٌ ما من المعرفة وتخرج عن السيطرة. لم يقصد أحدٌ ذلك ولكن هذا ما حصل. تفشل الجهود لإيقافها في البداية، وتُفقَد العديد من الأرواح قبل هزيمتها النهائية.

تستغلّ الهندسة الوراثية ذلك الخوف لأنها معقّدة جداً وغريبة جداً في آن، حيث إنّ الشخص العادي غير الاختصاصي لا يستطيع أن يفهم ما تعنيه. ومثالٌ على ذلك هو الخوف من أنّ استنساخ نعجة سيقود إلى استنساخ إنسان. هل يمكننا أن نثق فعلياً بأنّ كادراً صغيراً من علماء ألمعيين بلا شكّ يمكن أن يُخضِعوا حياتنا بشكلٍ آمن وأخلاقي لقوّة كتلك؟

تُعتبَر رواية **فرانكنشتاين، أو بروميثيوس الحديث** لماري وولستونكرافت شيلي مثالاً جيداً وثيق الصلة بالموضوع. فبالرغم من أنها تُعتبَر الآن عملاً كلاسيكياً عالمياً، إلا أنّ استقبالها في العام 1818 كان بالكاد إيجابياً. كتب أحد النقّاد: "أقذر فِطر سامّ نبت من كومة الروث كريهة الرائحة للعصر الحالي"[5]. بالطبع، كان هناك آخرون أقلّ استنكاراً (ومن بينهم الأديب العملاق السير والتر سكوت)، ولكنّ القصة أحدثت ضجّة لأنّ العديد جداً من القرّاء شعروا أنّ العلم قد تخطّى حدوده. ربما تكون

شيلي نفسها قد تساءلت ما إذا كان الاستقبال الرديء لقصّتها ناشئاً عن كونها امرأة أو بسبب موضوع القصة (التي نُشِرت بدايةً من دون ذكر اسم المؤلّف). ولم يُسهِّل الأمور أيضاً أنّ زوج شيلي، اللورد بايرون، كان قد نشر أعمالاً مسيئة للمعتقدات، أو أنّ الزوجين استضافا جورج غوردون، الذي يصفه ديفيد سكال بأنه "أحد أكثر فسّاق أوروبا شهرة واحتقاراً". وعاملٌ آخر مؤثّر هو أنّ بايرون كان قد تخلّى عن زوجته الشابة من أجل ابنة المحسن إليه الأصغر منها ذات السبعة عشر ربيعاً، ماري غودوين (مبتدعة فرانكنشتاين)، والتي فرّت معه بقصد الزواج من دون موافقة أبويها. بدا الوضع محرّماً، ومبتذلاً، ولا يمتّ إلى الدين بصلة.

يُحتمَل أنّ القصة مشتقّة من ملحمة فاوست لجوهان غوته؛ العالم الذي باع نفسه للشر من أجل أن يحصل على معرفة لم يحصل عليها غيره. على أية حال، أراد الدكتور فرانكنشتاين أن يعرف أشياء تتجاوز حدود المعرفة البشرية. لا يتورّع الدكتور فرانكنشتاين عن فعل أيّ شيء، ويستنفد موارد القانون كافة، وينتهكه في حالات كثيرة ليصل إلى نهايته. يُنتج الدكتور فرانكنشتاين مخلوقاً، عبارة عن نصف إنسان ونصف وحش لا يمكن تصنيفه. حاولت الأفلام اللاحقة أن تخلع على مخلوق فرانكنشتاين صفة بشرية ولكن من دون نجاح كبير. ومع ذلك، في قصة شيلي وفي الأفلام اللاحقة، يكون الطبيب الشاب أحادي المسّ (المس الأحادي هو اعتلال عقلي يتمحور فيه التفكير حول فكرة واحدة) بشأن مخلوقه[6]. فهو مُدفوع لأن يعرف وأن يفعل.

إنّ ما يجعل هذه القصة شديدة الصلة بموضوع الهندسة الوراثية هو مدى الدقّة المذهلة التي تصوِّر بها تاريخ الهندسة الوراثية نفسها. ومن بعض النواحي، هي تفعل ذلك بدقّة متناهية. في العام 1988، ادّعى جوناثان سلاك، وهو بيولوجيّ في جامعة باث في المملكة المتحدة، أنه استنسخ أجنة ضفادع عديمة الرأس. لم يفعل هذا شيئاً لطرد صورة العالِم المجنون![7] وثمة تطبيق مبكر آخر للعلاج الجيني لم ينتهِ بمخلوق في ذاته، ولكنه انتهى فعلياً بالموت. فالعالم الشاب الألمعي المسؤول عن العمل الفذّ لم ينتهك القوانين فحسب، بل راوغ أيضاً بشأن بحثه في محاولةٍ منه ليعرف، ويكون ناجحاً. كانت محاولاته متغطرسة جداً حيث إنه طُرِد لاحقاً من الحقل.

تتبادر إلى الذهن قصة أخرى شهيرة جداً، وهذه القصة بقلم الكاتب المعروف والشهير للغاية، روبرت لويس ستيفنسون: **حالة الدكتور جيكل ومستر هايد الغريبة**. في هذه الحالة، يبتلي العالِم نفسه بالألم بدلاً من ابتلاء غيره وذلك بشرب جرعة من

دواء غريب ومجهول. يستبدّ الدواء بعقله ويغيّر مظهره الفيزيائي. ومع ذلك فإنّ النتيجة تعرِّض جميع من في طريقه للخطر، خصوصاً النساء الشابات، حيث يلاحقهن هايد نصف الإنسان بلا هوادة. من ناحية أخرى، فإنّ الدكتور جيكل اللطيف ليس محبوباً فحسب، بل مقبولاً أيضاً في المجتمع. ولكن عندما يشرب خليطه الغريب (أو هل هو في الجينات؟!)، لا يعود هو نفسه، حيث يتغيّر جداً، حتى في المظهر، حيث يصبح مهووساً باكتشافه ولا يستطيع السيطرة على تصرّفاته.

كتب ستيفنسون مجازياً، معبّراً بالاستعارة عن قصته لترمز إلى شيء آخر. ولكنّ القصة لم تكن لتحظى بكلّ هذا القبول لو أنّ شخصيته الرئيسية كانت، على سبيل المثال، ساعي بريد أو صياد كلاب. نجحت القصة لأنّ الشخصية الرئيسية كانت شخصية عالِم. ينجذب العقل البشري بصورة تلقائية وساذجة إلى المهنة العلمية التي تسعى في حدّ ذاتها إلى معرفة الأشياء التي لا سبيل إلى معرفتها وإلى التفكير بأشياء لا يمكن تصوّرها. وكما سنرى لاحقاً، فإنّ هذه العواطف نفسها قد انتُقِدت من قِبَل نقّاد الهندسة الوراثية. لا يمكن لمؤيّدي هذا العلم الجديد الغريب أن يتوقّعوا نتائج أو يزوّدوا بضمانات كاملة بأنّ ما يُكتشَف يمكن أو سيتمّ التحكّم به إلى درجة الرضا الأقصى لعامّة الناس الذين يسعون إلى إقناعهم أو طمأنتهم.

صاغ ستيفنسون قصته على أساس القصة الحقيقية لديكون بيودي، وهو أسقف إدنبرة الذي أظهر نفسه بمظهر محترم خلال النهار ولكنه أصبح قاتلاً مرعباً خلال الليل[8]. إنّ تاريخاً كهذا لا يُطمئِن، ولهذا فقد غيّر ستيفنسون المهنة ليجعل القصة معقولة أكثر. غُيِّرت شخصية الدكتور جيكل الفاتنة كيميائياً حيث إنّ مِثله المغيَّر، إدوارد هايد، يصبح، كما يصفه ستيفنسون، "نصفَ إنسان ومؤثِراً للعزلة" في جنونه. تتضاءل مكانة هايد البشرية إلى أخرى يبذل ستيفنسون جهداً كبيراً كي لا يكون مدقِّقاً جداً بشأنها: "ليس من السهل وصفه. ثمّة شيء خاطئ في مظهره، شيء مثير للاستياء، شيء مقيت بكلّ ما في الكلمة من معنى. لم أرَ أبداً رجلاً أكرهه إلى هذا الحدّ، ومع ذلك بالكاد أعرف السبب"[9]. لقد جُعِل المجهول أو الشيء الذي لا سبيل إلى معرفته أكثر إفزاعاً بهذا الوصف الغريب. ونحن نرى نوع التقنية نفسه في فيلم **خزانة الدكتور كاليغاري**، حيث يحاول منوِّم مغنطيسي يعمل بنّاءً مساعداً ينقل دلو الملاط والآجر أن يسيطر على مُسَرنِمه (الذي يسير وهو نائم) الذي سخّره للقتل والأذى[10].

يزخر الأدب اليهودي بقصص مماثلة، مثل **الغوليم** *The Golem* (1921). هنا،

يبتدع متطفّل آخر شبيه بالعلماء وحشاً تدريجياً شبيهاً بالإنسان. أخافت قصة الغوليم الأطفال لعقود. وعلى نحوٍ مماثل، يقدّم فيلم العام 1916 المتسلسل على مدى ستّ ساعات، **القزم**[11] *Homunculus*، رجلاً خارقاً اصطناعياً والذي، لدى اكتشافه لأصوله، يصبح مُحرَّراً ويواصل حملة عنيفة قاتلة ومدمّرة. ثمّ هناك فيلم العام 1922، **الوحش،** الذي يصوِّر الدكتور زيسكا، وهو جرّاح أحادي المسّ يغوي سائقي السيارات الغافلين قرب منزله المنعزل على لونغ آيلاند. يستثير الطبيب كلّ مخاوفنا بأبوابه المخفية، وحجراته الخاصة، وبطاولة عمليّات معقّمة وباردة. وهناك حتى كرسي كهربائي! ومع ذلك، فإنّ هذه النظرة العامة لن تكون كاملة من دون ظهور لُون تشانيه المرعب في فيلم **صفقة عمياء** (1922)، الذي يلعب فيه تشانيه دورَي الجرّاح ومخلوقه دون البشري الأحدب.

من ناحية أخرى، فإنّ الأطباء الممثّلين للعلم لا يتمّ تصويرهم دوماً كأشرار. على سبيل المثال، يصوِّر فيلم **عبودية إنسانية** *Of Human Bondage* (1934) لسومرست مانغام الطبيب كشخص يفعل الخير[12]. وفيلمٌ مماثل آخر يمجّد الأطباء هو **الطبيب الريفي** *The Country Doctor* (1934)[13]، حيث يُنظَر إلى الأطباء على أنهم رحماء ملائكيون. تتابع أفلامٌ أخرى، مثل **قصة لويس باستور** (1936) ومدام **كوري** (1943) النزعة قصيرة الأمد للأطباء والعلماء المصوَّرين كمحبين للغير في أسوأ الأحوال، وكمعالجين عظماء في أحسن الأحوال[14]. وبالفعل، فإنّ الأفلام خلال ثلاثينيات وأربعينيات القرن الماضي صوّرت الأطباء كمحبين للغير، بينما لم تكن حالة إخوانهم العلماء جيدة دوماً على هذا النحو. ولكنّ هذا الوضع لم يستمرّ طويلاً جداً للأطباء، خصوصاً عندما بدأوا يغامرون في المجهول.

في خمسينيات القرن الماضي، أطلق الموقف الشعبي كما أُثبِت من قِبَل التصوير السينمائي سلسلةً من أفلام العلماء المجانين تشتمل على أدمغة حية في صحاف بتري (صحون زجاجية صغيرة ورقيقة ذات أغطية مرنة تستعمل بخاصة في المختبرات) عملاقة، أو أشياء حية في مرطبانات جرسية الشكل[15]. ومن هذه الأفلام ظهرت لامبالاة متميّزة متعجرفة من جانب العلماء أنفسهم بشأن ما يفعلونه. هم يقومون بالعلم، ولهذا السبب لا يمكن احتمالاً الشكّ فيهم، أو تحدّيهم، أو إنقاص قيمتهم بأي شكل من الأشكال.

لكننا لا نحتاج إلى إمعان النظر في الماضي البعيد. فالموقف في ما يتعلق

بالعلماء والأطباء بالكاد تغيّر في العقود الثلاثة الأخيرة. وسواء أنظرنا في فيلم العام 1958، **الذبابة**، أو النسخة الأحدث منه (1986) من بطولة جيف غولدبلوم، فإنّ النتيجة هي نفسها: عالم مجنون مهووس بجهاز انتقال teleporter آني يحوِّل جزيئاته إلى مخلوق هو نصف إنسان ونصف ذبابة. حتى عندما يبدأ في التحوُّل البشع الذي يضارع صرصور كافكا، فإنّ أندريه ديلامبر، العالم المجنون، لا يستطيع أن يقنع نفسه بالتوقّف.

أخيراً، من يستطيع أن ينسى فيلم ستيفن سبيلبيرغ، **الحديقة الجوراسية** *Jurassic Park*؟ فالفيلم لا يركّز فقط على الهندسة الوراثية، بل يتمحور أيضاً حول تطوّرات حُقِّقت بالحمض النووي المؤتلف لبلوغ نهايات جديدة. ومع ذلك، فإنّ ما لا يُنسى بالقدر نفسه هو الرعب الذي ينتهي به الفيلم، حيث لا يستطيع العالِم المتغطرس أن يسيطر على الوحوش التي صنعها أو يُغلق الغطاء على صندوق باندورا (امرأة أرسلها زيوس عقاباً للجنس البشري، بعد سرقة بروميثيوس للنار، وأعطاها صندوقاً ما إن فتحته بدافع الفضول، حتى انطلقت منه جميع الشرور والرزايا فعمّت البشر ولم يبقَ فيه غير الأمل) الذي فتحه.

ولكن هل هذا مُنصِف؟ هل من الصواب أن نبدأ كتاباً عن الهندسة الوراثية بفكرة أنّ مجموعة معيّنة (العلماء في هذه الحالة) قد ادّعوا لأنفسهم بغير حقّ دور القاضي، أو المحلّفين، أو الجلاد، أو المنقّذ؟ وجد مؤتمر أسيلومار في العام 1975 (يُناقَش بالتفصيل في الفصل 3) أنّ هذا هو جوهر المعضلة. يقول ديفيد بالتيمور مُعبِّراً عن رأيه: "نحن عالقون بين التحديد الذاتي للحدود وفرض المعتقد التقليدي. نحن عالقون بين المصالح الذاتية للعلماء والمصلحة العامة"[16]. وحدهم العلماء يمكنهم أن يحدّدوا ما إذا كان العلم مُصيباً. وتذهب الحجّة أنّ العلماء وحدهم هم من يمكنهم أن يحدّدوا المدى الذي يمكن بلوغه أو المخاطر التي لا بدّ من التعرُّض لها. والعلماء وحدهم هم القادرون على تنفيذ الهندسة الوراثية، ولكن، هل هم الأشخاص المناسبون لتحديد خيرها الإجمالي العامّ؟

في حين أنّ الأمر قد لا يكون ببساطة عبارة: "اللعنة على الطربيدات، سرعة قصوى إلى الأمام"، إلا أنه كان ثمّة إحساس غامض "بلا تنتبهي إلى الرجل خلف الستارة"، كما قال المشعوذ لدوروثي في قصة **ساحر أوز**. طُلِب من عامّة الناس أن يتجاهلوا سيناريوهات إمكانية مفزعة نوعاً ما، مع إخفاقات تامّة. لقد طُلِب منا أن

ننسى تلك الأحداث المؤسفة ونركّز على الهدف الإجمالي. قد لا يكون الأمر "الغاية تبرّر الوسيلة". ولكنه يبدو شبيهاً جداً بذلك.

بالطبع، في حين أنه لا يمكن الطلب من عامّة الناس أن يفهموا التعقيدات الهائلة للهندسة الوراثية، إلا "أنه من غير الممكن أيضاً أن نستثنيهم في موضوع يجب أن يكون موضع اهتمام عامّ"[17]. يجب ألاّ يُبطل العجز عن الفهم حق العامّة في التعبير عن مخاوفهم والمجاهرة بها. لقد بدأتُ بنظرة عامة على الثقافة الشعبية لسببين. الأوّل لوصف مكان الموقف الشعبي في هذه القضية. والثاني لأصوِّر بدقة للعلماء مدى ارتفاع التلّة التي عليهم تسلّقها من أجل الفوز بالقبول العامّ والثقة العامّة على حدٍّ سواء.

في العام 2004، أقرّ ناخبو كاليفورنيا إجراء بحث خلايا جذعية قبل جنينية. بالنسبة إلى العديد من المعلِّقين، ثبت أنّ هذا خبرٌ رئيسي. ولكنّ ما عناه التصويت فعلاً هو أنّ العامّة مستعدّون لرؤية بحثٍ كهذا يُتابَع. ومع ذلك، لا يُظهر التصويت شيئاً لنا عن الموقف الشعبي الذي تلا إخفاقاً ضخماً.

إنّ قوة الموقف الشعبي الحالي بشأن الهندسة الوراثية تترسّخ في الكيفية التي تنظر، ونظرت، بها الثقافة الشعبية إلى العلماء. لو لم تكن هناك إلا حفنة من الأفلام المقسّمة بالتساوي بين العلماء الجيدين والسيّئين، فسنحتاج إلى حجّة أخرى هنا. ولكنّ عدداً أكبر بصورة طاغية من الأفلام يصوِّر العلماء بأنهم سيّئون على نحوٍ لا سبيل إلى إصلاحه. يُصوَّر العلماء، على الأقلّ في شخصيتهم المختارة كباندورا أو بروميثيوس – ذلك نصف المخلوق الخرافي الساعي وراء جلب النار (الممثِّلة لمعرفة الكثير جداً) – بشكلٍ حصري تقريباً بمظهرٍ سيّىء.

يُحتمَل أن تكون الثقافة الشعبية غير صحيحة. هل يمكن أن نكون متأكّدين من أنّ وجهة نظر الثقافة الشعبية ليست مجرّد واحدة من أساطير هوليوود العديدة؟ من المؤكّد أنّ ولع هوليوود بتضخيم الحقيقة أو الاختلاق لا يمكن أن يُسقَط من الاعتبار. ومع ذلك، فإنّ أوجهاً معيّنة من الهندسة الوراثية قد رُفِضت تماماً. على سبيل المثال، أظهر استطلاعٌ حديث للرأي العام أجرته مؤسسة الأبحاث الدولية للسوق والرأي (MORI) أنّ 77 بالمائة من أولئك الذين تمّ سؤالهم في المملكة المتحدة متشكّكون بشأن الهندسة الوراثية وسيحبّون أن تُزال الكائنات الحية المعدّلة وراثياً (GOMs)[18]. وحتى بين جماعتهم أنفسهم، أشار العلماء إلى أنّ التأثيرات طويلة الأمد وقصيرة الأمد

للتكنولوجيا الحيوية غير قابلة للتوقع بها في حدّ ذاتها[19]. وفي الولايات المتحدة، قُدِّر أنّ 80 بالمائة تقريباً من الأميركيين لن يأكلوا طعاماً معدّلاً وراثياً إذا أظهرت لصيقة محتوياته ذلك. وحقيقة عدم إظهار لصيقة المحتويات لذلك هي موضوع سندرسه بتفصيل أكبر في الفصل 4. وبالفعل، لقد كان هناك شكّ متزايد - لا، بل رفض - من قِبَل العامّة لجهة استعمال هذه التكنولوجيا، على الأقلّ في ما يتعلق بالطعام، على مدى العشر سنوات الأخيرة[20]. إنّ جزءاً من هذا له علاقة بفكرة تحسين السلالة البشرية أو الوصول بها إلى ما يقرب الكمال. وكما يعبّر عن ذلك كيرت باتيرتز: "بالكاد سيكون بمقدور أيّ شخص ... يفكّر ملياً (بتحسين السلالة البشرية) أن يفعل ذلك من دون الإحساس باضطراب معيّن"[21]. في الحقيقة، إن فكرة التحسين هذه هي في صميم الجدال القائم حول الهندسة الوراثية.

ولكن، ألا يجري هذا على نحوٍ معاكس للتصويت الحديث الذي وافق فيه ناخبو كاليفورنيا بأغلبية ساحقة على متابعة أبحاث الخلايا الجذعية؟ هل كان ذلك نتيجة فقط لحماسة سكان هذا الجانب من المحيط الأطلسي؟[22] في الحقيقة، لم يكن كذلك. أولاً، عُرِف عن كاليفورنيا لفترة طويلة استعدادها لقبول غير المألوف وغير التقليدي، وبالتالي، بالكاد تُعتبَر ممثّلة للشعب بصورة عامة. ثانياً، أعادت الولايات المتحدة مؤخّراً انتخاب رئيس نال أكبر عدد من الأصوات في تاريخ الانتخابات الأميركية، والذي يبقى ضدّ أيّ جهد بحث مفتوح "من أيّ نوعٍ كان" في الهندسة الوراثية. ثالثاً، لم يرفض الشعب الأميركي أبداً كمجموعة على أساس المعنى الظاهري المزيد من البحث في أيّ شيء. وأخيراً، لا أحد يصدّق فعلياً، كما ادّعى مرشّح نائب الرئيس، جون إدوارد، أنّ أيّ نوع من أبحاث الهندسة الوراثية سيمكّن أيّ فرد مقيّد بكرسي مدولب أن ينهض ويمشي، على الأقلّ ليس في زمننا. وحتى أولئك الذين يظنّون أنّ الأميركيين والأوروبيين منقسمون في قضية الهندسة الوراثية (مع كون الأميركيّون أكثر تقدّماً فقط بشكلٍ طفيف) يوافقون على أنه في حين أنّ الموقف الشعبي "هو القوة الدافعة القصوى خلف تمويل العلم والتكنولوجيا"، إلا أنه أيضاً الروح العدوانية الدافعة "خلف القانون، والمعارضة السياسية، ومعارك المحاكم المتطاولة" في كلتا القارّتين[23].

درس تقرير ثقة لمجموعة ويلكوم في العام 1998 قوة المواضيع والأفكار الرئيسية في الكتب والأفلام التي ساعدت وحرّضت وجهة نظر، سلبية غالباً، للهندسة

الوراثية. وبالرغم من أنه لم يكن واضحاً دوماً أيّ المواضيع والأفكار الرئيسية كان المستجيبون لمجموعة ويلكوم يحاولون أن يكوّنوا في ما يتعلق بالهندسة الوراثية، إلا أنهم اختاروها بأسلوب "سيوافقهم عليه آخرون ضمن المجموعة"[24].

قد تساعد استطلاعات غالوب الحديثة في إلقاء المزيد من الضوء على ما يبدو علاقة حب متذبذبة مع الهندسة الوراثية، ليس فقط بين الولايات المتحدة وبريطانيا العظمى، بل أيضاً ضمن الولايات المتحدة نفسها. في الاستطلاعات الأولى، وجد مكتب الولايات المتحدة لتقييم التكنولوجيا (OTA)، وهو عبارة عن مجموعة غير تحزّبية من الخبراء الذين أوكلت إليهم مسؤولية مساعدة الكونغرس في توضيح العدد الضخم من الآراء حول الهندسة الوراثية، موافقةً ومعارضةً واسعتَي الانتشار. ذكر مكتب OTA في تقريره أنّ "الاستطلاع يجد أنه في حين أنّ عامّة الناس يُظهرون قلقاً بشأن الهندسة الوراثية **نظرياً** (الأسود العريض مني)، إلا أنهم يوافقون تقريباً على كلّ تطبيق بيئي أو علاجي محدّد. وفي حين أنّ الأميركيين يجدون المنتجات النهائية للتكنولوجيا الحيوية جذّابة، إلا أنهم قلقون بشكلٍ كاف بشأن المخاطر المحتملة، حيث إنّ الغالبية العظمى يعتقدون بضرورة وجود نظام صارم"[25]. طالما أنّ الأميركيين يمكنهم فعلياً أن يروا التطبيقات المتنوّعة والنتائج المأمولة، فهم متقبّلون للفكرة. ولكن نظرياً، يخشى الأميركيون أن تكون للهندسة الوراثية نتائج مؤذية ولهذا يجب أن تُنظَّم، إمّا من قِبَل الحكومة، أو من قِبَل قوة مهام خاصة من العلماء، أو من قِبَل مجموعة مؤلفة من الاثنين.

ومع ذلك، فإنّ ما يجب أن يكون موضع اهتمام أكثر هو مقدار المعرفة التي يملكها (أو بالأحرى يفتقر إليها) العامّة في ما يتعلق بالهندسة الوراثية بشكلٍ عام. في استطلاع لمجموعة روبر في العام 2002، قال 23 بالمائة فقط من الراشدين الأميركيين إنهم يعرفون "الكثير عن الهندسة الوراثية"، بينما قال 57 بالمائة إنهم يعرفون "شيئاً ولكن ليس كثيراً"، وقال 20 بالمائة أنهم لا يعرفون "شيئاً على الإطلاق"[26]. وعندما سئلوا إذا كان ممكناً استعمال الهندسة الوراثية لتغيير التركيب الجيني لرضيع قبل ولادته لمنع إصابته بمرض وراثي، قال 78 بالمائة (أكثر من ثلثَي المستجيبين) إنّ هذا الأمر غير ممكن، أو إنهم لا يعرفون على الإطلاق[27]. ومع ذلك، كان 66 بالمائة من الأميركيين في ذلك الاستطلاع واثقين أنهم يعرفون معنى مصطلح الهندسة الوراثية[28].

بالرغم من أنّ قلّة من المستجيبين عرفوا ما إذا كانت الحكومة قد نظّمت بالفعل

الهندسة الوراثية (قال 70 بالمائة إنها لم تفعل أو إنهم لا يعرفون إن كانت قد فعلت)، إلا أنّ 71 بالمائة شعروا أنّ الحكومة يجب أن تنظِّم "نوعية الهندسة الوراثية". ينقسم الشعب بشأن ما إذا كان هذا التنظيم أقلّ صرامةً ممّا يجب (37 بالمائة) أو ملائماً تقريباً (33 بالمائة). ومع ذلك، يعتقد 27 بالمائة (نحو ثلث المستجيبين) أنّ الحكومة يجب أن لا تتدخّل إطلاقاً أو أنهم ليسوا واثقين بالضبط مما يجب أن تكون عليه تلك الأنظمة. ولكن عندما يتعلق الأمر بمسألة الاستنساخ، فبالكاد نجد انقساماً بين الأميركيين. فعندما سئلوا ما إذا كان يجب على الحكومة أن تحدّ من استنساخ البشر، قال 84 بالمائة "نعم"، بينما قال 11 بالمائة فقط أنه لا يجب على الحكومة القيام بذلك[29].

على نحوٍ مثير للاهتمام، عندما سئلوا في نفس استطلاع العام 2002 هذا عن سبب كون مواضيع علم الوراثة مقلقة (تقنيّات مثل الإخصاب داخل الأنبوب، والاستنساخ، والاختبار الوراثي، والهندسة الوراثية)، قال أكثر من ثلث المستجيبين إنّ استخدام هذه التكنولوجيات "هو تجاوز للحدود من قِبَل العلماء الذين يعطون الحقّ لأنفسهم للتلاعب بما لا يحقّ لهم التلاعب به"[30]. وقال ثلث آخر (35 بالمائة) إنّ هذه التكنولوجيات الحديثة "يمكن أن تُستخدَم بسهولة لأغراض غير صحيحة". بتعبير آخر، اعتقد 70 بالمائة تقريباً، من دون قول ذلك فعلياً، أنّ العلماء قد فتحوا صندوق باندورا وحرّروا معرفةً هي إمّا ممنوعة أو يجب ألاّ تُجعَل متوفّرة على نطاق واسع للجنس البشري. كان معظم المستجيبين (41 بالمائة) مقتنعين بإمكانية محو بعض الأمراض الوراثية، ولهذا فقد رجوا متابعة الأبحاث والاختبارات. وبالإضافة إلى ذلك، عندما سئلوا أن يصفوا الهندسة الوراثية لفظياً، مال 54 بالمائة منهم إلى فعل ذلك في سياقٍ متعلق بالصحة و/أو السلامة. ومع ذلك، فإنّ ثلث المستجيبين في ذلك الوقت فكّروا بمسألة الهندسة الوراثية بمصطلحات أخلاقية أو دينية.

وفي حين أنّ الأميركيين سيسعدهم أن يروا المرض ممحوّاً من خلال الهندسة الوراثية، فإنّ 40 بالمائة يرون أنّ التلاعب وراثياً بالطعام، أو الحيوانات، أو الأسماك، أو الأشجار، أو النباتات يؤدّي إلى مخاطر عديدة تُوجِب عدم الاستمرار فيه. ويرى 64 بالمائة أنّ التعديل الوراثي سيلوّث النباتات العادية والاستمرار فيه محفوف جداً بالمخاطر، بينما يخشى 57 بالمائة أنه سينشئ الكثير جداً من "العشب الضار الخارق"[31]. خلاصة القول هي إنّ الأميركيين يفضّلون بأغلبية ساحقة (84 بالمائة)

متابعة الهندسة الوراثية[32].

ما الذي نفهمه من كلّ هذا؟ حتى القراءة المدروسة لهذه النتائج تؤدّي إلى استنتاجات قليلة جداً عدا عن أنّ الهندسة الوراثية يجب أن تستمرّ، ولكن ببطء شديد. وفي حين أنّ هذا السرد للبيانات قد يكون مملاً لبعض القرّاء، إلا أنه يكشف عن صورة واضحة وإن كانت مُجفِّلة: الأميركيون مستعدّون للمتابعة ولكن فقط تحت شروط دقيقة، ومدروسة، ومنظَّمة. إنّ ما يجعل هذه المناظرة مثيرة جداً للاهتمام هو أنه، خلافاً للعديد من القضايا الأخرى - الإجهاض، مثلاً - حيث هناك وجهات نظر واضحة، فإنّ الهندسة الوراثية لا تعرض شيئاً. بدلاً من ذلك، فإنّ وجهة النظر التي تقدّمها الهندسة الوراثية إلى العلماء العاملين في الحقل هي: ارتكِبوا خطأً، أو تخطّوا الحدود، أو تصرّفوا من دون اعتبار للحياة البشرية، وسيكون موقف الشعب الأميركي معارِضاً لكم بقوة. من ناحية أخرى، تابِعوا بحذر، وكونوا حريصين على قيمة الحياة البشرية، ولا تتقدّموا أبداً باستعجال، وسيبقى موقف الشعب الأميركي إيجابياً؛ إن لم يكن ذراعاً بذراع، فعلى الأقلّ يداً بيد. إذا بدا لك من هذا أنّ الأميركيين منقسمون فكرياً حول الموضوع، فأنت محقّ[33].

إنّ الهندسة الوراثية هي، من نواحٍ عديدة، اللغم الأرضي المَثَلي للمعارضة: مألوف جداً على السطح، ولكنّ خطوة واحدة غير صحيحة تسبّب انفجاراً! تؤول العلاقة بين الثقافة الشعبية والاكتشاف العلمي إلى ما يلي: "استغرق الأمر من علماء الاتصال وغيرهم من صانعي القرارات الاجتماعية سنوات عديدة ليدركوا أنّ الموضوعية في عالم وسائل الإعلام ووجود إجراء محسوب لتدبّر المخاطر في التواصل العامّ ينجمان عن المخاطرة. إنّ المخاطر العامّة تُنشَأ بشكلٍ رئيسي بواسطة وسائل الإعلام، من خلال معاييرها المتعلقة بالاختيار وطرقها الروتينية الصانعة للأخبار"[34]. بتعبيرٍ آخر، إنّ الطريقة التي يتمّ الحديث بها عن هذه المناظرة هي غالباً نتاج ما يُرَى في وسائل الإعلام، سواء أكان ذلك في الأفلام، أو الكتب، أو الصحف. سيكون من المهمّ أن نتذكّر هذا بينما ندرس كلّ فصل جديد هنا. يجب أن يكافح الموقف الشعبي بعواطفه الإيثارية لمساعدة الآخرين، من جهة، بينما يكافح ضدّ مشاهد ضفادع عديمة الرؤوس وكائنات مُستنسَخة نصف بشرية مطروحة مثل العديد من السيارات في فناء خردة لقطع غيار بشرية، من جهة أخرى.

2

تاريخ الهندسة الوراثية

من مندل إلى خرائط الجينوم

نبدأ هذا الفصل بأسطورتَين مألوفتَين، طالما أُسيء فهمهما من قِبَل عامّة الناس. يخلط البعض بين الأسطورة والكذبة، ولكن، ليست تلك هي الطريقة التي فهم بها القدماء الأساطير. فبالنسبة إليهم، كانت الأسطورة عبارة عن قصة وسّعت الحقيقة أو خدمت كأداة لها[1]. توضّح الأسطورتان اللتان سننظر فيهما، إيكاروس وباندورا، حقيقةً بشأن الهندسة الوراثية سيكون من المهمّ تذكّرها بينما نتابع فصول هذا الكتاب.

إنّ حكاية إيكاروس نقلاً عن الشاعر الروماني أوفيد مألوفة. تاق والده، ديدالوس، المعروف بجهوده المبدعة، إلى العودة للوطن. كان قد بدأ يسأم فعلاً من كريت حيث احتُجِز على أنه العبقري المبدع للملك مينوس[2]. ساخطاً، أخبر الملك الذي احتجزه أنه وإن كان قد حاصر اليابسة والبحر، إلا أنه لا يستطيع أن يحاصر السماء. أو كما يعبّر ديدالوس عن ذلك: "قد يملك مينوس كلّ البقية، ولكنه لا يملك الهواء". ثمّ عقد ديدالوس العزم على التبحّر في علوم لم تُستكشَف أبداً من قبل، وغيّر قوانين الطبيعة[3]. جمع الريش وبدأ يصنع منه أجنحة لنفسه ولابنه، إيكاروس، كي يهربا.

في البداية، بدا أنّ كلّ شيء كان يمضي على ما يُرام بينما وازن ديدالوس جسمه وحلّق في منتصف الهواء. حضّر ابنه للطيران بتحذير مقيت: "ابقَ في منتصف المسافة بين الأرض والسماء". لا تبقَ مرتفعاً جداً باتجاه الشمس، وإلا ستسفع حرارتها الريش وتذيب الشمع الذي يربطه معاً. ولا تنخفض جداً، وإلا سيجعله الماء من المحيطات والبرك ثقيلاً جداً. كانت كلماته الختامية: "اتبعني!"

وطار الأب والابن مبتعدَين، باتجاه الوطن أخيراً. لابدّ أنّ المتفرِّجين قد حسبوهما مخلوقين خارقين بينما طارا في منتصف المسافة بين السماء والأرض. حاول الأب أن يُبقي إيكاروس قريباً منه ولكنّ الابن سرعان ما وجد في الطيران ابتهاجاً عظيماً جداً يصعب احتماله. كان ابتهاجه قصير الأمد. فبينما طار في السماء الفسيحة، حلّق نحو الأعلى إلى أن طار قريباً جداً من الشمس الملتهبة. ذاب الشمع، ووقع الريش مثل الثلج، واندفع إيكاروس إلى موته المبكِّر. وعندما رأى والده الريش مبعثراً على سطح المحيط في كلّ اتجاه، لعن مهارته المبدعة.

قد تكون باندورا (إغريقية، وتعني المواهب) مألوفة لدى الأميركيين أكثر من أيّ أسطورة أخرى لأنها مروية في كلّ الكتب المدرسية الابتدائية تقريباً. أرسل زيوس للجنس البشري امرأته الأولى، باندورا، كعقاب لبروميثيوس لسرقته النار. وقد جعلتها مواهبها العديدة مغريةً على نحوٍ لا يُقاوَم. امتلكت باندورا، بالإضافة إلى جمالها الأخّاذ، فضولاً نهماً. أرادت ببساطة أن تعرف كلّ شيء، وقد قادها ذلك إلى فتح صندوق مرصّع بالجواهر وجميل للغاية، رغم أنها حُذِّرت بأن لا تفعل ذلك[4]. وفي أحد الأيام رفعت الغطاء وانطلقت من الصندوق كلّ شرور ورزايا العالم: الضغينة، والطمع، والحسد، والأمراض، والموت، وهلمّ جرّاً. ولدى رؤيتها خطأها، تملّكها اليأس، وأغلقت الغطاء بسرعة، محتجزةً الأمل فقط، الذي كان كافياً ربما لنفسها ولكلّ العالم.

ماذا يمكن أن تكون العلاقة المحتملة بين هاتين الأسطورتَين والهندسة الوراثية؟ توضّح هاتان الأسطورتان لنا الجدل الذي يشكِّل جوهر هذه المناظرة. فموت إيكاروس يوضّح سعي الجنس البشري وراء معرفة المستحيل، بالإضافة إلى غطرسة في ما يتعلق بقدرته على المعرفة، حتى لو كانت ستُودي به، هو أو الآخرين، إلى الهلاك. ويمثّل صندوق باندورا فضول الجنس البشري النهم بغضّ النظر عن النتيجة، سواء أكانت خيراً، أو شرّاً، أو مزيجاً من الاثنين.

قال مهرِّج مرة أنه عندما تتضاعف المعلومات، تقلّ المعرفة إلى النصف والحكمة إلى الربع. قد تكون الهندسة الوراثية هي المعرفة العظيمة فعلاً ولكنها تتطلّب حكمة نادرة لم نتعلّمها بعد. كما أنها تملك قوة هائلة للخير أو قوة مماثلة للأذى. إنّ اكتشاف واسم marker وراثي بسيط قد يعكس في يومٍ من الأيام اللياف الكيسي (مرض وراثي مزمن يصيب المرء منذ طفولته الأولى ويتميز بتليّف وضمور في البنكرياس والرئتين

وبعسر في التنفّس وفقدان مفرط للملح) أو الموت الرهيب بمتلازمة ليش نَيهان[5]. وبإمكانه أيضاً أن يحرّر جيناً كيميائياً حيوياً يستطيع أن يقتل في غضون بضعة أيام أناساً أكثر ممّا قُتِل في كلّ حروبنا مجتمعةً. إنّ سلوكنا حتى الآن يترك القضية غير واضحة في ما يتعلق بالنتيجة. إذاً، كيف وصلنا إلى هنا، إلى هذه الحيرة من أمرنا بالشأن الوراثي؟

تاريخ موجز لعلم الوراثة[6]

بالرغم من أنّ تاريخ الهندسة الوراثية لا يتجاوز المائة عام فقط، إلا أنّ البشر شغلوا أنفسهم بالجينات منذ آلاف السنين. سيتذكّر معظم القرّاء غريغور مندل من كتاب الأحياء في الصف التاسع، الراهب النمساوي المغمور إلى حدّ ما الذي اكتشف الوراثة باستخدام نبتات بازلاء خضراء بسيطة، والذي سنتحدث عنه بمزيد من التفصيل لاحقاً.

يكشف شكسبير في مسرحيته **تيتوس أندرونيكوس** *Titus Andronicus* فهمه البدائي إلى حدٍّ ما للوراثة عندما يكتب:

التزِم الهدوء، العبد الأسمر المصفرّ، نصفٌ أنا ونصفٌ أمّك!
ألم يكشف شكلك طفل من أنت،
ألم تمنحك الطبيعة شكل أمّك،
عبد الأرض، ربما كنت إمبراطوراً:
ولكن عندما يكون الثور والبقرة أبيضين كالحليب،
لن ينجبا أبداً عجلاً أسود كالفحم[7].

يعرض شكسبير ما علّمته إياه الملاحظة، أو على الأقلّ ما علّمه إياه شخص حول مزرعة حيوانات. ألّف الفيزيائي الانكليزي روبرت هوك كتاباً ممتازاً عنوانه **الرسوم المجهرية** *Micrographia*، حوى أكثر من 50 لوحة لفحوصه المجهرية لقطرات دم، وقد كشفت له أكثر ممّا توقّع[8]. وفي حين أنّ كلّ هذا قد يكون مثيراً جداً للاهتمام، إلا أنّ اهتمامنا الرئيسي هو بالفترة الزمنية القريبة جداً من عصرنا الحالي. لم تظهر كلمة جين gene في الاستعمال المفرداتي حتى العام 1913 في **القاموس الطبي** لدورلاند[9].

وقد صيغت الكلمة نفسها بواسطة عالم نبات هولندي، ويلهلم جوهانسن، في العام 1909[10]. أما المصطلح الذي هو موضوع هذا الكتاب، علم الوراثة genetics، فلم يظهر إلا قبل ذلك بخمسة عشر عاماً، في كتاب **مختصر علم الاجتماع** لإل.إف. وارد. بالطبع، فإنّ هذه الكلمات، المشتقّة بلفظها الانكليزي من اليونانية، تتصل بشكلٍ وثيق بمصطلحَي النشوء genesis وعلم الأنساب genealogy. من الواضح أنّ جميع المصطلحات لها دلالة في ما يتعلق بأصولنا بطريقة أو بأخرى.

ومع ذلك، فإنّ البداية العلمية لهذه الدراسة مصدرها ذلك الراهب النمساوي المغمور نوعاً ما والمذكور آنفاً، غريغور جوهان مندل (1822-1884)[11]. وفي حين أننا لا يجب أن نُغفِل اختراع العبقري الهولندي أنطوني فان ليفينهوك (1632-1723) للمجهر بهذا الصدد، وبالتالي اكتشاف العالم المجهري الكامل (انظر روبرت هوك أعلاه)، فإنّ مندل هو الذي يبدأ قصّتنا[12].

في اجتماعٍ لجمعية العلوم الطبيعية في برنو في العام 1865، قدّم مندل الوصف الأول لدراسته التي استغرقت عقداً كاملاً حول تهجين النباتات. وقد شقّت ورقته العلمية، إحدى تلك اللحظات الفريدة في العلم، طريقها في منشورات الجمعية بعد ذلك بسنة، ولكنها مرّت من دون ملاحظة. وبعد ثلاثة عقود ونصف، نشر ثلاثة علماء آخرون (هوغو دي فرايز، كارل كورينز، وإريك فون تشرماك)، عملوا في الحقل نفسه ولكن في ثلاث مدن مختلفة، بفارق أشهر عن بعضهم بعضاً النتائج نفسها التي كان مندل قد اكتشفها. لم يعرف أيٌّ منهم أنّ راهباً عاش في خمول ذِكر نسبي قد سبقهم جميعاً إلى نشر نفس النتائج. وحينها فقط، أصبح مندل، الذي أنجز بحثه بالطريقة عتيقة الطراز عبر العمل الكادّ بإفراط والملاحظة شبه المستمرّة، أبَ علم الوراثة.

من العام 1856 وحتى العام 1863، أجرى مندل تجارب على النباتات، ليس فقط على بعضٍ منها، بل على ما يقارب الـ 30,000 نبتة! قام بجمعها، وتصنيفها، وملاحظتها، ووصفها، وعدّها، ما جعل العديد يظنّ أنّ مندل كان يفكّر بفرضية استقرائية معقّدة قام باختبارها مرةً بعد أخرى. دعنا لا ننسى أنه كان رياضياً ممتازاً وفي رسائل له إلى زملائه العلماء أشار إلى تجاربه بأنها "علاقات إحصائية"[13]. قام بتطوير سبع خصائص نباتية من كلّ هذا العمل واقترح فكرة أنّ الوراثة جسيمانية، أو تحدث من خلال سلسلة من الوحدات أو الأزواج المنفصلة، وليس بمزج الصفات

الوراثية، كما كان يُعتقَد.

أفسحت الوراثة الجسيمانية المجال للخصائص المكتشَفة بواسطة مندل والمعروفة لدينا الآن باسم السمات السائدة والمتنحّية dominant and recessive. أسماها مندل عناصر وراثية، وسُمِّيت لاحقاً بالجينات[14]. للأسف أنه حتى بعد نشر مندل لنتائجه على صفحات منشورات جمعية العلوم الطبيعية، إلا أنّ أحداً لم يلاحظها لما يقرب النصف قرن. لن تكون المرة الأولى التي يُكتشَف فيها شيء، هو في هذه الحالة علم الوراثة أو الدراسات المرتبطة، قبل وقتٍ طويل من ملاحظة المجتمع العلمي. ولكن، لنكون منصفين، يُرجّح أنّ لا أحد من زملاء مندل العلماء فهم ما كان يقوله. أمّا أولئك الذين فهموا بالفعل، فقد وجدوا تناقضاً كبيراً في قوله مع ما سُمِّي بالحكمة المتقبَّلة حيث إنهم لم يستطيعوا تصديقه.



غريغور جوهان مندل. (من المكتبة الوطنية للطب، تاريخ المجموعة الطبية).

في العام 2003، قال لي كيكوك إنه بالرغم ممّا "يقال عن علم الوراثة الجزيئي بأنه عند مستوىً أكثر أساسيةً، وبالتالي عند مستوى فهم أعمق للمادة الوراثية (من قوانين مندل)، إلا أنّ ما تركه لنا لا يمكن، ولا يجب أن يُقلَّل من شأنه"[15]. تأتي الصفات الوراثية في أزواج يتألّف كلّ زوج منها من عاملَين وتتلقّى الذرّية عاملاً واحداً لكلّ صفة من كلا الأبوين، وكلّ عامل قد يكون سائداً أو متنحّياً. كان اكتشاف مندل تغييراً للنموذج. بيّن مندل كيف تنتقل السمات من الأبوين إلى الأطفال من خلال أنواع الجين، حتى إنه قد شرح الطفرات. وفي حين أننا سريعون للتفكير بالطفرات على أنها دوماً غير صحيحة أو خاطئة، إلا أننا سنرى أنّ هذا لا يمثّل دوماً حقيقة الأمر[16]. يُلخِّص الجدول 1.2 أدناه تراث مندل الأشهر، وسيكون مألوفاً لمعظم القرّاء[17]. في هذه الحالة، فإنّ قوانين الوراثة المندلية تُظهر أنّ جين (أو وفقاً لاصطلاح مندل، عنصر أو جسيم) العيون البنّية السائد (B) يحدث بشكلٍ أكثر تكراراً من جين العيون الزرقاء المتنحّي (b). يُنتج الزوج BB والزوج Bb ذرّية بعيون بنّية، بينما يُنتج الزوج bb ذرّية بعيون زرقاء. وبالتالي، هناك احتمال 1 من 4 أنّ المولود سيكون أزرق العينين. يُصبح هذا هاماً لأنّ البشر يرغبون في معرفة سبب حدوث أشياء معيّنة، سواء أعزوا ذلك إلى العلم، أو إلى حكايات الزوجات العجائز، أو إلى الطقوس الاجتماعية[18]. وفّرت قوانين مندل تفسيراً مثالياً بينما فتحت الباب أيضاً لمزيد من الدراسة. قدّم مندل تفسيراً لسبب ظهور بعض الخصائص الوراثية بصورة دائمة في الأجيال المتلاحقة وسبب ظهور بعض السمات المتنحّية في النهاية، أو السبب وراء ظهور جميع الخصائص في الأجيال اللاحقة ولكن ليس بالضرورة في الأجيال التالية[19]. لقد كان حقاً عملاً فذّاً مُلفِتاً.

الجدول 1.2

جدول قوانين مندل

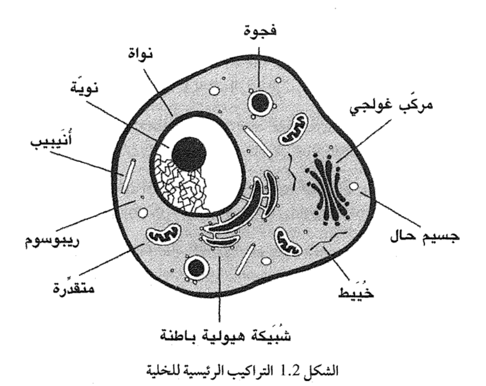
الأب/ الأم	B	b
B (لون العيون)	BB	Bb
B	Bb	bb

من نواحٍ عديدة، أنشأ مندل نظرية الجين، أو ما اصطُلِح على تسميته نظرية العوامل المتنقلة[20،21]. وقد قادت هذه إلى فهمنا لكيفية احتواء الخلايا (المُظهَرة بواسطة

ليفينهوك) على نُسَخ من كلّ جين، وكيفية احتواء الخلايا المخصّبة (المسمّاة لواقح zygotes) على أليلَين (مثنى أليل) (alleles) أو شكلَين من الجين، وكيفية اختلاف التركيب الجيني لكائن حي (النمط الجيني genotype) عن سماته أو خصائصه الحقيقية (النمط الظاهري phenotype)[22]. ولكن حتى مع الموافقة على كلّ هذا، يجب ألاّ نسلّم لمندل بالكثير[23]. فبالفعل، هناك بعض الجدل بشأن عمله، بما في ذلك أنّ بياناته جيدة أكثر ممّا ينبغي لتكون حقيقية وأنّ تجاربه، على أقلّ تقدير، خيالية أو مشكوك فيها[24].

إنّ عمل مندل الخاص جداً على نباتات البازلاء أدّى إلى هذه المعرفة بسبب احتواء نباتات البازلاء على توقعية لم تحوِها النباتات الأخرى. وبالإضافة إلى ذلك، كانت نباتات حوليةً شديدة التحمّل ومتوفّرة بسهولة، يسهل زرعها، وتلقيحها تهجينياً بواسطة الحشرات، وكانت ذات اختلافات واضحة بالفعل (مثلاً: طويلة، قزمة، أزهار بيضاء أو حمراء، بذور مدوّرة أو مجعّدة، خضراء أو صفراء)[25].

فكّر مجدداً بمجهر ليفينهوك وكشفه التالي لعالم الحياة غير المرئية سابقاً. وبينما تحسّنت المجاهر، حصل العلماء على فكرة أفضل بكثير لتركيب الخلية والأجزاء المكوِّنة للخلايا: المتقدّرات، والفجوة، والشبكة الهيولية الباطنة الخشنة والأخرى الملساء، والجسيمات الحالّة، ومركّب غولجي، كما هو مُشاهَد في الشكل 1.2 أدناه.



الشكل 1.2 التراكيب الرئيسية للخلية

مع ذلك، فإنّ اهتمامنا يجب أن يركّز على تلك الكينونة المألوفة المعروفة باسم النواة. فداخل النواة، يقع الكروماتين، أو ذلك الجزء من نواة الخلية الذي يحتوي على الحمض النووي. وفي الداخل الكينونات مألوفة الشكل التي تذكّرنا بكروموسومات الـ X والـ Y، التي يحدّد اقترانها الجنس. تحتوي معظم الخلايا في جسمنا على 46 كروموسوماً، 23 منها من أمهاتنا و23 من آبائنا. دعنا نلقي نظرة على واحد من هذه الكروموسومات. يحتوي الكروموسوم على خيوط هائلة الطول (انظر الشكل 2.2) شبيهة بالسباغيتي من الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (الحمض النووي). يتحكّم الحمض النووي بأيض الخلية وكلّ صفاتنا الوراثية. للحمض النووي الشريطان الطويلان المألوفان إلى حدٍّ ما من النوَويدات، المجدولان معاً والمحتويان على كميات ضخمة من المعلومات، تُدعَى قواعد النوَويد، أو ببساطة، القواعد. تُسمّى كلّ قاعدة بالأحرف A، G، C، T، التي سيتمّ مناقشتها بتفصيل أكثر أدناه. إنّ كمية المعلومات في مجموعة كروموسوم واحدة هي نحو 6 مليارات وحدة من الشيفرة الوراثية، بمعدّل 130 مليون لكلّ كروموسوم. من أجل أن نكوّن فكرة عن مدى ضخامة (وصغر) كلّ هذا، تخيّل أنه إذا مُدّت خلية واحدة فهي تحتوي على نحو ثلاثة أمتار من الحمض النووي، مضغوطة جميعها في مساحة تقدَّر بجزء من المليونين من حجم رأس دبوس[26]. إنّ النقطة في نهاية هذه الجملة هي أكبر من الحيّز الذي يشغله الحمض النووي.

وعلى مقربة، تقع النويّة التي تحوي الجزيء الآخر الأهمّ في دراستنا، وهو الحمض النووي الريبي (الرنا RNA، الذي يُرمَز إليه عادة بـ mRNA، أو الرنا المرسال). يحوي الرنا الشيفرات أو الطبعات الزرقاء التي يستخدمها الحمض النووي لأوامره، المشار إليها بالانتساخ transcription والترجمة translation. وكما ذُكِر أعلاه، يوجد الحمض النووي في كلّ خلية في الجسم باستثناء خلايا الدم الحمراء. وفي حين أنّ الجينات (نحو 20,000 إلى 25,000 جين مختلف في البشر) ترتبط على نحوٍ أكثر شيوعاً بالكروموسومات، إلا أنّ الجينات توجد أيضاً في أماكن أخرى، ألا وهي الإيبيسومات episomes والبلازميدات plasmids في البكتيريا، وهي عبارة عن قطع صغيرة ودائرية عادةً من الحمض النووي[27]. وقد وُجِد أيضاً أنّ الخلايا النباتية لديها جيناتها الخاصة، الموروثة بشكلٍ مستقلّ عن الكروموسومات[28]. الأمر كله معقّد على نحوٍ مذهل وفي الوقت نفسه بسيط بصورة فريدة. إذاً، كيف توصّلنا إلى معرفة كلّ

هذا، وكيف عرفنا كيف يعمل كلّ هذا؟

الإجابة الأبسط ستكون بالاستشهاد بعمل واطسون وكريك في العام 1953 على اللولب المزدوج (الذي سيُقال عنه المزيد أدناه)، وسيكون هذا ملائماً. ولكنّ ذلك يستثني العديد جداً من الأيدي والعقول المساعِدة على طول الطريق. على سبيل المثال، هناك العالِم الإسكندينافي ويلارد جوهانسن، الذي سئل من قِبَل زملائه الاختصاصيين في علم الوراثة في عشرينيات القرن الماضي أن يكفّ عن الإشارة إلى جسيمات مندل وأن يبدأ بتسميتها الجينات، عوضاً عن ذلك[29]. ووضع عالِم الفيزياء النووية الدانمركي، نيلز بور (1885–1962)، نظريةً في أوائل ثلاثينيات القرن الماضي جعلتنا عاجزين عن تعليل كلّ الظواهر البيولوجية بالطريقة نفسها كما فعلنا سابقاً. جادل بور أنّ هناك تفسيرات فيزيائية وكيميائية تحدّت الحكمة التقليدية. وفي أواسط ثلاثينيات القرن الماضي، نشر تلميذ له يُدعَى ماكس ديلبروك (1906–1981) ورقة علمية أسمت هذه الحكمة غير التقليدية علمَ الوراثة[30]. وكان جوهان فريدريك ميشر، وهو باحث سويسري، الأوّل في الإشارة إلى الصفات الخاصة للحمض النووي ولمادة كيميائية لا تشبه أية مادة أخرى، أسماها نَوَوين nuclein[31].

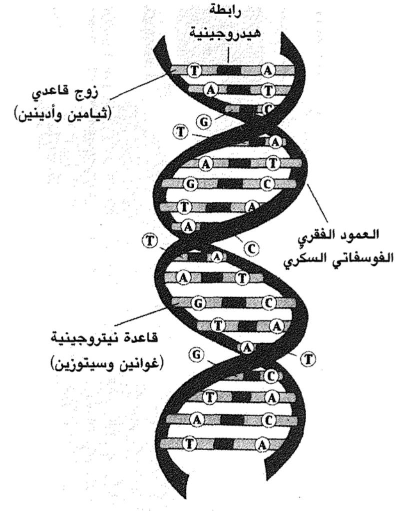
ومع ذلك، فإنّ عمل جيمس واطسون وفرانسيس كريك هو الذي وحّد المقاربة إلى علم الوراثة وجعل الحمض النووي كلمةً مألوفة، ليقود بذلك إلى ما أصبح صناعة الهندسة الوراثية الكاملة التي نواجهها اليوم بحماسة عظيمة أو بقلق عظيم. قبل أكثر من نصف قرن، وقبل الكمبيوترات، وأجهزة التشغيل الرقمية، وأجهزة الفاكس، نشر واطسون وكريك رسالتهما الحاسمة في العام 1953 في مجلة **نيتشر** *Nature* المعتبرة للغاية. كان كريك اختصاصياً في الفيزياء وواطسون اختصاصياً في علم وراثة العاثيات (ملتهمة الجراثيم). ومثل ديلبروك، لم يؤيّد واطسون اختصاصيي الوراثة، الذين نبذهم على أنهم "ينقنقون حول حوافّ الوراثة بدلاً من محاولة الوصول إلى نقطة الهدف الرئيسية"[32]. اعتُبِر عمل واطسون وكريك اكتشافاً هامّاً بقدر اكتشاف مندل. وقد أُكِّد هذا بتقاسمهما جائزة نوبل في الطبّ والفسيولوجيا في العام 1962. كان واطسون في الخامسة والعشرين من عمره فقط وطالباً ما بعد شهادة الدكتوراه في كامبريدج عندما كتب هو وكريك الورقة العلمية الحاسمة.

كان واطسون وكريك دخيلَين على حقل الكيمياء الحيوية[33]. كان واطسون قد رأى أنماطاً للحمض النووي مصوّرة بالأشعة السينية أنتجتها عالمة الكيمياء روزالند

فرانكلين والفيزيائي موريس ويلكنز (كلية كينغ، لندن)، بعد أن صفّتها فرانكلين في أنبوب زجاجي رفيع وأجبرت أشعة إكس خلالها[34]. حالما رآها، عرف واطسون أنه قد رأى شيئاً استثنائياً، قائلاً في ما بعد: "في اللحظة التي رأيت فيها صورة (أشعة إكس لفرانكلين)، فغرت فمي مشدوهاً وبدأ نبضي يتسارع"[35]. إنّ ما سبّب اضطرابه كان المتتاليتَين الشبيهتَين بالسلسلة اللتين شكّلتا سلّماً ملتفّاً، أو ما يُسمّى باللولب المزدوج. شكّل الشريطان (سكر الريبوز منقوص الأكسجين deoxyribose وجزيء الفوسفات) جانبَي السلّم. يُشار إلى هذا غالباً بعمود الفوسفوريبوز phosphoribose الفقري للحمض النووي. تُشكِّل درجات هذا السلّم بقواعد النوَويد المذكورة أعلاه. ساعد نموذج واطسون وكريك كثيراً في تهيئة الأجواء للمستوى التالي من التطوّرات. فهو لم يشرح فقط ما حدث، بل زوّد أيضاً بآلية تفسيرية للكيفية التي تعمل بها الوراثة. فطبيعة النموذج نفسها اقترحت لواطسون وكريك أنّ هذا الحمض النووي كان له مكوّن آخر ربما حمل في طيّاته المفتاح للحياة. وبالفعل كان هذا ما قاله كريك عندما دخل إلى Eagle Pub في كامبريدج وأعلن، مثيراً استياء واطسون: "لقد وجدنا سرّ الحياة!"[36]. وفي مقالتهما القصيرة على نحوٍ مدهش في مجلة **نيتشر**، أشار واطسون وكريك إلى أنهما لم يكونا مدركَين لقدرات اللولب النسخية[37].

إنّ نموذج واطسون وكريك، كما أصبح يُعرَف، صارخٌ في بساطته، خصوصاً بالنظر إلى كلّ ما يُعتبَر الحمض النووي مسؤولاً عن حدوثه[38]. يحتوي كلّ جزيء على وحدات بسيطة تُعرَف بالنوَويدات. تتألّف هذه من مواد معروفة لأولئك الذين درسوا علم الوراثة لسنوات. وكما أشير أعلاه، هناك ما يُسمّى بذراع سكر (سكر الريبوز منقوص الأكسجين) مؤلّفة من عدّة ذرّات أكسجين مجتمعة حول ذرّة فوسفور. تؤلّف أربعة عناصر أخرى درجات السلّم الأخرى: أدينين adenine، وغوانين guanine، وسيتوزين cytosine، وثايمين thymine. يُرمَز الآن إلى هذه العناصر بالأحرف A، وG، وC، وT. يُظهر اللولب المزدوج في الشكل 2.2 هذا التنظيم.

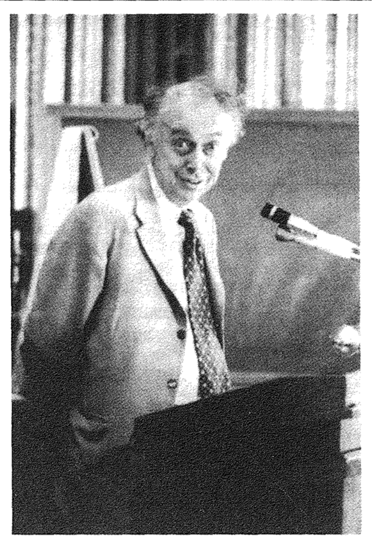
تبيّن أنّ مجرّد إيجاد هذه العناصر الأربعة هو عملٌ فذّ هامّ في تطوير الطب المتغلّب على الأمراض. كلّ قاعدة مُشار إليها بأحرف الشيفرة هذه يبلغ طول قطرها جزءاً من 125,000,000 جزء من السنتيمتر![39]. ولكنّ فكّ هذه الشيفرة واكتشاف ما عناه كلّ ذلك كان جهداً استثنائياً. تُبيّن الحروف كيف يتمّ توليد البروتين في الجسم. فتماماً كما يجتمع الطحين، والماء، والخميرة لصنع عجينة، فإنّ هذه الأحرف تجتمع



الشكل 2.2 اللولب المزدوج

لصنع البروتينات (هذه هي الطريقة التي يعيد بها الجسم بناء كتل البناء خاصته). تشكّل ثلاثاً من درجات العناصر هذه، والتي يُشار إليها غالباً بالثلاثيات triplets، شيفرة وراثية، أو راموزاً codon (الثلاثيات)، لحمض أميني أو رسالة توقّف stop message. إنّ أخذ أربع من هذه الشيفرات، ثلاث في كلّ مرة، يُنتج توليفات البروتين الـ 64 الممكنة.

لا تبرز القواعد الأربع ممّا يمكن أن يُسمّى بالدرابزينَين فحسب، بل تلتصق أيضاً بعضها ببعض، أو بالأحرى بأزواجها المتتامة. بعد مراجعة بيانات فرانكلين (التي لم يكن واطسون لاحقاً مدحياً جداً بشأنها)، أدرك الرجلان أنّ السلسلتَين أو الدرابزينَين يمكن أن يصطفّا بشكلٍ متوازٍ وعكسي[40]. واكتشفا أيضاً شيئاً آخر أكثر أهميةً حتى بشأن القواعد. اقترن (أو التصق) الأدينين (A) دوماً مع الثيامين (T)، بينما اقترن (أو التصق) السيتوزين (C) دوماً مع الغوانين (G). ومثل الملح والفلفل أو الأسود والأبيض، فإنّ



الدكتور جيمس واطسون يتحدّث في مؤتمر معاهد الصحة الوطنية NIH حول الحمض النووي في 15 و16 كانون الأول (ديسمبر) من العام 1977. (من المكتبة الوطنية للطب، تاريخ المجموعة الطبية).

الزوجين المتتامَّين A-T وG-C مُتوقّعان دائماً تقريباً (تُذكَر الاستثناءات أدناه). يُعتبَر الشكل أو التركيب - اللولب - جميلاً ليس فقط لأنه بسيط جداً، بل أيضاً لأنه، كما أُشير أعلاه، يزوّد بتفسير جاهز لكيفية نقل ونسخ الشيفرة الوراثية. لولا هذه العملية، لما كان يمكن لأية مادة أن تنتقل من خلية إلى أخرى، ولا من والد إلى طفل.

تتيح لنا هذه الأزواج المتتامّة أن نتوقع توقعات معيّنة. فمثلاً، إذا وجدنا شريطاً (يُشار إليه كمتتالية) يقرأ ACGTCTCTATA، فنحن نعرف أنّ ما يجب أن يرتبط به بشكلٍ متواز هو شريط (أو متتالية) تقرأ TGCAGAGATAT، إذا وُضِع الشريط الأول فوق الثاني. وقد جعل هذا علماء الوراثة يشيرون إلى الشيفرة بأنها ناكسة، ما يعني

أنها "هي نفسها سواء أقُرِأت طرداً أو عكساً"، كما يحدث مثلاً عند قراءة كلمة توت طرداً وعكساً. في عالم الوراثة، يعني هذا أنّ جانباً متوازياً واحداً من الدرجات على الدرابزين يتوقع بما سيكون عليه الجانب المعاكس له (في حين أنّ متتاليات تمييز إنزيمات الاقتطاع هي ناكسة، إلا أنّ الحمض النووي ليس كله كذلك). الراموزات أيضاً ناكسة لأنها ترمز إلى حمض معيّن عندما تُقرَأ طرداً، وترمز إلى حمض آخر عندما تُقرَأ عكساً. يُظهر الجدول 2.2 أدناه كيف يمكن للثلاثية نفسها أن تكون حمضاً معيّناً، أو حمضاً آخر إذا قُرِأت بشكلٍ مختلف. إنّ ما يعنيه هذا هو أنّ الآلية المتوفّرة للحمض النووي لنسخ نفسه هي أقلّ من تلك لنسخ عكسه!

ولكن كيف تعمل هذه الآلية؟ عندما يُحتاج إلى نسخة أو نُسَخ من الحمض النووي – كما يحدث مثلاً عندما تجرح نفسك ويكون على الجلد أن يلتئم – يُدعَى 20 إنزيماً فعّالاً للتقيّد بالنظام. تُخبِر هذه الإنزيمات القواعد المزدوجة (A-T وG-C) أن تقطع وحدتها[41]. وعلى الفور، تُفلِت القواعد بعضها بعضاً وتبدأ بما يُعرَف بعملية فتح زمام منزلق حيث يكشف اللولب المزدوج جانب كلّ شريط أو درابزين بدرجات نصفية (أي أنّ جانباً سيكون لديه A غير موصولة والآخر T غير موصولة. وسيكون لأحد الجانبَين G غير موصولة والآخر C غير موصولة، وهلمّ جرّاً). ثمّ إنّ الشريطَين (المتتاليتَين) الجديدَين بمجموعات عناصرهما المكشوفة A، وT، وG، وC سيتزاوجان، مشكّلين شريطاً جديداً (جلداً في هذه الحالة) مرة أخرى ومن البداية.

لا يحب بعض العلماء فكرة استخدام كلمات مثل تُفلِت *unzip*، أو فتح زمام منزلق، أو تُخبِر بالرغم من استخدامهم لها هم أنفسهم لأنه لا توجد طريقة أخرى لشرح ما يحدث. ما يمكننا قوله بشكلٍ مطلق هو أنه من المستحيل شرح العملية من دون استخدام تلك المصطلحات التي تنمّ عن تصميم ذكي. أن تطلب من أحدهم أن يصف عملية الحمض النووي من دون استخدام كلمات وعبارات مثل تُفلِت، وتُخبِر، وفتح زمام منزلق هو مثل أن تطلب من أحدهم أن يصف الأكورديون من دون أن يستعمل يديه.

كما ذُكِر آنفاً، أشار واطسون وكريك في ورقتهما العلمية إلى أنه "لم يفتنا أن نلاحظ أنّ المزاوجة المحدّدة التي افترضناها على الفور تقترح آلية نسخ ممكنة للمادة الوراثية"[42]. هذا، مقترناً مع فهم ماككلينتوك لما يُسمّى الجين القافز والفهم الكيميائي الحيوي لبول زاميسنيك لتركيب البروتين أطلق العنان لفهمنا الكامل لشيفرة كلّ

الجدول 2.2
الأحماض الأمينية

الراموز الثلاثي (الحمض النووي)	الحمض الأميني
GCT، GCC، GCA، GCG	ألانين Alanine
CGT، CGC، CGA، CGG، AGA، AGG	أرجينين Arginine
AAT، AAC	أسباراجين Asparagine
GAT، GAC	حمض الأسبرتيك Aspartic acid
TGT، TGC	سيستئين Systeine
GAA، GAG	حمض الغلوتاميك Glutamic acid
CAA، CAG	غلوتامين Glutamine
GGT، GGC، GGA، GGG	غليسين Glycine
CAT، CAC	هستيدين Histidine
ATT، ATC، ATA	إيزولوسين Isoleucine
TTA، TTG، CTT، CTC، CTA، CTG	لوسين Leucine
AAA، AAG	ليزين Lysine
ATG	متيونين Methionine
TTT، TTC	فنيل ألانين Phenylalanine
CCT، CCC، CCA، CCG	برولين Proline
TCT، TCC، TCA، TCG، AGT، AGC	سيرين Serine
ACT، ACC، ACA، ACG	تريونين Threonine
TGG	تربتوفان Tryptophan
TAT، TAC	تيروزين Tyrosine
GTT، GTC، GTA، GTG	فالين Valine
TAA، TAG، TGA	راموزات التوقّف

بسّطتُ الجدول في كتاب مارك وولكر وديفيد ماكاي. حلّ الجينات: دليل غير الاختصاصي إلى الهندسة الوراثية Unravelling Genes: A layperson's Guide to Genetic Engineering . سيدني، أستراليا: ألين أند أنوين، 2000 ليلائم أهدافنا. يظهر الجدول بشكلٍ أو بآخر في كلّ كتاب مذكور في هذا الفصل.

الحياة. تُنشىء الراموزات الـ 64 (ثلاثة منها تُدعَى راموزات التوقّف، كما هو مبيَّن في الجدول 2.2 أعلاه) الشيفرة الوراثية.

ولكن كيف يمكن تفسير عدم امتلاك كلّ الكائنات الحية للشيفرة نفسها؟ في حين أنّ الأمر قد يبدو مرجّحاً، إلا أنّ الاحتمال ضئيل للغاية بأنّ خليّتَين ستستعملان الشيفرة الوراثية نفسها صدفة. على سبيل المثال، افترض أنك قد أُعطيت 26 حرفاً لعرض الأحرف الأبجدية الانكليزية، ولكنك فقط لا تعرفها[43]. ما هو احتمال أنك ستستخدم الرمز A لصوت الحرف A؟ 1 من 26. ولكن من أجل ملاءمة كلّ حرف بشكلٍ صحيح مع صوته، فإنّ الاحتمال يصبح 1 من 403,291,146,110,000,000,000,000,000 (أو 1 من 4 × 10^{26}). إنّ الاحتمالات ضدّ استخدام خليّتَين للشيفرة الوراثية نفسها هو حتى أكبر من ذلك! سنرى في الفصل 3 أنّ هناك اختلافاً وراثياً صغيراً جداً بين الإنسان والشمبانزي، مثلاً. ولكنّ ذلك الاختلاف الصغير هو واسعٌ بقدر سنوات ضوئية.

بالرغم من أنّ إعادة اتحاد (تأشيب) الجينات يزوّد بتنوّع الحياة، إلا أنه أيضاً يتيح فرصة حدوث الطفرة (المشار إليها آنفاً بالاستثناءات). الطفرات (يحب العلماء أن يدعوها المتقلّبية الوراثية أو التغيّرات الوراثية) عبارة عن حوادث في القواعد، بالرغم من أنها ليست دائماً خاطئة أو غير صحيحة. والواقع أنّ هناك طفرات عديدة في الجينات لا بأس بها بتاتاً ومن دونها ما كنا لنتدبّر بيئتنا بشكلٍ جيد. في معظم الأحيان، تقتل الطفرات المؤذية الكائن الحي الذي تحدث فيه، مُوقِفةً بشكلٍ فعّال أيّ نسخ ممكن لذلك الجين المميت مرة أخرى. وفي حالات أخرى، إذا تكرّرت النوَويدات الثلاثية غير المستقرّة مرّات عديدة جداً، فسنحصل على شيء مثل داء هنتنغتن، أو الرنَح (وهو عبارة عن عدم القدرة على تنسيق الحركات العضلية الإرادية ومن أبرز مظاهره اضطراب المشية)، أو الحثَل التوتّري العضلي، أو متلازمة كينيدي، أو داء تي سكس، أو اللُياف الكيسي، أو متلازمة ليش نيهان المفزعة، وغيرها[44]. وفي الحالات التي تتغيّر فيها، وتُنسَخ، وتبقى، فهي تسبِّب حالةً لن يعود الحمض النووي فيها نسخةً مطابقة تماماً للحمض النووي الأصلي[45].

إذاً، كيف يحدث النسخ؟ تذكَّر للحظة القوانين التي تُنسَخ بها متتاليات الحمض النووي القاعدية أو تُترجَم إلى متتاليات أحماض أمينية من البروتينات[46]. البروتين عبارة عن سلسلة من الأحماض الأمينية التي هي في حدّ ذاتها عبارة عن جزيئات عضوية

صغيرة تتألّف، بشكلٍ عامّ، من الكربون، والهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين[47]. غالباً ما تُمثّل الأحماض الأمينية هذه كخرز (يذكّر بذاك الذي تلعب به الفتيات الصغيرات)، مُشكِّلاً أشكالاً ثلاثية الأبعاد. يُعتبَر هذا الشكل حاسماً لأنه هو الذي يسمح للحمض الأميني أن يرتبط مع أحماض أمينية أخرى ذات شكل مماثل، بطريقة مشابهة جداً لتركيب لعبة الصور المقطوعة ولكن مع تعليمات على كلّ قطعة.

كما ذكرنا، تُشكِّل الأحماض الأمينية على هيئة ثلاثيات من قواعد النوَويدات. على سبيل المثال، الثلاثية ATG هي الحمض الأميني متيونين، ولكن إذا قُرِأت عكساً (GTA) تصبح الحمض الأميني فالين[48]. من أجل أن تُنسَخ الشيفرة، يجب أن يحدث ذلك في موقع خاص في الخلية يُسمّى الريبوسوم (انظر تركيب الخلية في الشكل 2.2)[49]. يتمّ انتساخ الشيفرة هناك إلى حمض نووي ريبي مرسال (الرنا المرسال)، معروف بالراموزات (الجدول 2.2). الراموزات هي الشيفرات القاعدية الثلاث على جزيئات الرنا المرسال المعرِّفة للحمض الأميني المنتَج[50]. من أجل قراءة هذه الشيفرة، تمرّ الخلية بعملية تُسمّى الترجمة تحلّ الخلية بواسطتها شيفرة الرسالة المرسَلة بواسطة الرنا المرسال. على سبيل المثال، قد تقتضي الشيفرة شَعراً بنّياً ولهذا ينادي الرنا المرسال: "الجين الفعّال 3456، شعر بنّي"، وهلمّ جرّاً[51]. ومن أجل التأكّد من أنّ هذه الشيفرة (الشعر البنّي، في هذه الحالة) تُنفَّذ خطوة خطوة، تقوم مجموعة أخرى من الرنا (تُسمّى الرنا الناقل، ويُرمز لها عادة بالرمز tRNA) بالتأكّد من أنّ كلّ شيء مرتبط بالشكل الذي يقتضيه الرنا المرسال. أطلق كريك على هذه العملية اسم انتساخات الرنا. وكما ذكرنا أعلاه، فإنّ للحمض النووي أربع قواعد، A، وT، وG، وC. يتبيّن أنّ الحمض النووي الريبي (الرنا) لديه أيضاً أربع قواعد، ولكنه يستبدل الثيامين T بيوراسيل U وريبوز. جاء العلماء بتشبيهات عديدة، ووصفوا العملية بكلّ وصف من ترجمة جملة من لغة إلى أخرى، أو شيفرة مورس. قد يكون الوصف اللاحق ملائماً أكثر، لأنّ شيفرة مورس تعمل فقط بنقاط وقواطع. تؤلّف كلتاهما كلمات ثمّ عبارات، بطريقة مشابهة جداً للقواعد الأربع، A، T، G، C. وهكذا تُقرَأ متتالية معيّنة وتُنتسَخ في الخلية. تركيب الحمض النووي هذا لا يسمح للحمض النووي أن يعيد تكوين نفسه من الصفر. بدلاً من ذلك، لا بدّ لشريط صغير من الرنا أن يُحفَّز بواسطة إنزيم يُدعَى بريماز primase. هذا الجزء الصغير من الرنا (أو البادئة primer) يبدأ العملية إلى أن يُزال ويُستبدَل بالحمض النووي[52].

من أجل فهم العملية بشكلٍ تقني فعلي، لا بدّ من الإشارة إلى أنّ الرنا المرسال هو نوعٌ واحد فقط من الرنا. هناك نوعٌ ثانٍ هو الرنا الريبوسومي (ribosomal RNA)، أو rRNA، ونوعٌ ثالث هو الرنا الناقل، أو tRNA. النقطة هي أنّ الرنا المرسال يتحرّك في أنحاء الخلية إلى الريبوسوم حيث يلتقي بالرنا الناقل ويبدأ العملية حيث يرتبط كلّ واحد بحمض أميني[53]. بدلاً من التشفير للبروتينات، يحصل الحمض النووي على رسالة مشفّرة للبروتين الذي يتمّ لاحقاً حلّ شيفرته في العملية المشار إليها آنفاً بالانتساخ والترجمة. يُنتسَخ الحمض النووي إلى الرنا المرسال ومن ثمّ يُترجَم إلى بروتين[54]. يتطلّب الانتساخ إنزيمات مكرّسة لهذه المهمة وحدها (إنزيم بوليمراز الرنا RNA polymerase). إنّ ترجمة الرنا المرسال إلى بروتين هي عملية معقّدة إلى حدّ بعيد وتتطلّب جزيئاً - ذُكِر آنفاً - هو الريبوسوم (الرنا الريبوسومي). تتشكّل الثلاثيات على هيئة متتالية (انظر الجدول 2.2)، مبتدئةً براموز ابتدائي ومنتهية براموز توقّف يُنهي إنتاج الجين. وأخيراً، تنتهي العملية الكاملة لتنظيم التعبير الجيني كتركيبٍ لبروتين.

خلال عملية الانتساخ هذه، يُصنَع شريط واحد فقط. وفي حين أنّ هذه العملية هي من الحمض النووي إلى الرنا لمعظم الوقت، إلا أنّ هناك مناسبات تمرّ فيها من الحمض النووي إلى الرنا ومن الرنا إلى الرنا (في فيروسات معيّنة، على سبيل المثال)[55]. وهذا يفسّر لماذا كان عالم النبات الفرنسي جان لامارك مخطئاً بهذا الصدد. فأنت لا تستطيع أن ترث ما يُشار إليه عادةً بخصائص مُكتسَبة، مثل بنية جسم والدك الحديدية أو بطن أمّك ذي الحزم العضلية الستّ. لقد تشكّلت هاتان بعد إتمام العملية الوراثية. بالطبع، أنت ترث النزعة الطبيعية لامتلاك هاتين الخاصيّتين إذا قمت بالعمل اللازم لتطويرهما.

كما ذُكِر أعلاه، فإنّ الحمض النووي مزدوجُ الشريط (ولهذا سُمّي باللولب المزدوج)، بينما الرنا أحادي الشريط. الرنا هو المركّب العضوي الوسيط في تركيب البروتين الموجَّه بواسطة الحمض النووي[56]. يُنشئ هذا ما يُسمّى بالشيفرة الوراثية، أو متتالية القواعد النيتروجينية على جزيء حمض نووي. تضمن هذه الشيفرة الوضع الصحيح للأحماض الأمينية في كلّ بروتين خلية. للمتتاليات نهاية '5 ونهاية '3 (تُقرَأ خمسة مترمِّزة وثلاثة مترمِّزة)، وهو أمر مفيد للعلماء لأنه يتيح لهم أن يعرفوا اتجاه المتتالية بالإضافة إلى معرفة كيفية تضفيرها splicing لاحقاً في الخلايا الجذعية، كما سنرى في الفصل الثالث[57]. من نواحٍ عديدة، فإنّ النهايتَين '5 و'3 تُظهران للعلماء أيّ

نهاية هي للأعلى، إذا جاز التعبير.

لقد استغرق الأمر من العلماء فترة طويلة إلى حدّ ما لاكتشاف التوليفات الـ 64 التي تؤلّف الـ 20 حمضاً أمينياً. إذا تمّ جمع قاعدتَين فقط، فإنّ 16 توليفة فقط تكون ممكنة، وهي ليست كافية للـ 20 حمضاً أمينياً. ولكن إذا ظهرت في مجموعات ثلاثية – الثلاثيات المذكورة آنفاً – فسنحصل على كلّ ما نريد، بالإضافة إلى راموزات التوقّف الثلاثة المذكورة آنفاً. تُعتبَر راموزات التوقّف هامّة (انظر الجدول 2.2) لأنها تُعلِم السلسلة أو النسخ متى يجب أن يتوقّفا. فكّر فيها كإشارات سير وراثية[58].

وفي حين أنّ العملية قد تبدو مُحيِّرة لغير الاختصاصيين، إلا أنّ ما يجعلها كذلك في الدرجة الأولى هو أنها يجب أن تُفصَّل إلى خطوات عديدة من أجل فهمها. وبما أنّ هناك طريقة معيّنة فقط يمكن بها للعناصر أن ترتبط (A مع T، G مع C)، فالعملية ليست مُحيِّرة بقدر ما تبدو. وبالإضافة إلى ذلك، هناك ما يمكن أن يُسمّى خرافات أو أساطير مدينية بشأن العملية، وحتى النماذج العلمية نفسها من شأنها أن ترسم صورة ليست صحيحة تماماً. على سبيل المثال، لا تقع الجينات على الكروموسومات[59]. تتألّف الكروموسومات من جزيئات طويلة جداً من الحمض النووي. لا تكرّر الجينات نفسها، بالرغم من أنّ الأمر سيبدو كذلك. تكرّر البروتينات الجينات باستخدام الجين كطبعة زرقاء أو كشيفرة. في حين أنّ الحمض النووي هو طبعة زرقاء، إلا أنه أكثر بكثير من حتى كونه كذلك لأنه لا يقوم فقط بتشكيل البناء، إذا جاز التعبير، بل لديه أيضاً كلّ الأدوات (والشاحنات والعمّال) لإنشاء البناء! بإمكانه أن يقوم بكلّ هذا لأنّ الحمض النووي ليس منهجياً جداً. تذكّر أنّ نفس متتالية الحمض النووي يمكن أن تُقرَأ طرداً لبروتين معيّن، ولكنها تصبح بروتيناً آخر عندما تُقرَأ عكساً[60].

ومع اكتشاف واطسون وكريك، أصبح الحمض النووي كلمةً مألوفة بين عشية وضحاها. بسبب الاكتشاف (والتضفير التالي للجينات المفصّل في الفصل 3)، نحن نرى الآن علاجات ممكنة للسرطان، وقضاءً على الداء السكّري، وجرم (أو براءة) الأغنياء والمشهورين، كما في حالة أو. جيه. سيمبسون[61]. على الأقلّ، هذا رجاؤنا. ولكن كيف يمكن لشيء متناهي الصغر إلى هذا الحدّ أن يكون مسؤولاً عن كلّ هذا؟ تذكّر أنّ كلّ خلية في جسم الإنسان تحوي شريطاً من الحمض النووي. يُقدَّر أنّ لدى كلّ إنسان نحو 6×10^{12} متراً من الحمض النووي، أو ما يكفي للوصول إلى القمر والعودة إلى الأرض 8,000 مرة إذا مُدّ من طرفه إلى طرفه[62]. تحوي كلّ خلية 46

كروموسوماً مع نحو 150 مليون زوج قاعدي (A-T، G-C). من الصعب أن نتخيّل أنّ أربع قواعد (A، T، G، C)، بتوليفة ثلاثية في كلّ مرة، تُنتج ما يكفي لإكمال الـ 20 حمضاً أمينياً الموجودة في كلّ البروتينات. ومع ذلك، فإنّ 4 × 4 × 4 = 64 يزوِّد بالقدر الملائم[63]. هذا التكرار اللانهائي يتيح استمرار شيفرة الحياة. والأكثر إذهالاً حتى هو أننا، أنا وأنت، لا نختلف بكلّ ذلك القدر، لأنّ كلّ منا لديه نحو 25,000 جين مختلف. إنّ ما يجعلنا غير متطابقَين (إلا إذا كنا توأمَين، وحتى في هذه الحالة هناك بعض الاختلافات) هو تغييرات تُدعَى تعدّد الأشكال polymorphisms تحدث مرة في كلّ 1000 قاعدة. لدى كلّ واحد منا نحو 3 مليارات قاعدة من الحمض النووي، ما يعني أنّ هناك 3 ملايين اختلاف بيني وبينك[64]. ولهذا السبب أصبح لبصمة الحمض النووي أهمية كبرى في عمل الشرطة (انظر الفصل 8 من أجل مزيد من المناقشة).

بالطبع، استغرق كلّ هذا العمل أكثر ممّا أنجزه واطسون وكريك، بالرغم من أنهما بلا شكّ كانا النجمَين البارزَين أو لاعبَي المليون دولار (فعلياً، بعد نيلهما جائزة نوبل)، كما يمكننا أن ندعوهما. ولكنّ أولئك الذين عملوا قبلهما، مثل ديلبروك وميشر، وأولئك الذين عملوا جنباً إلى جنب معهما، مثل فرانكلين ووليكنز، يستحقون الكثير من الثناء أيضاً. إنّ لاكتشاف الحمض النووي الكثير من النكهة التاريخية بشأنه كما أنّ له عنصراً دولياً. بقدر ما قد يبدو ذلك صعباً لأولئك الذين يعيشون منا في القرن الواحد والعشرين، فإنّ هؤلاء الرجال والنساء، كما ذُكِر قبلاً، قاموا بكلّ هذا العمل المعقّد جداً من دون الوسائل التكنولوجية التي ننعم بها الآن. حدث معظم العمل من خلال التعاون، وساعات الدراسة والملاحظة الطويلة والجاهدة، والتكرار اللانهائي، والفشل، والاستئناف، والفشل، والاستمرار، والفشل، والمراجعة، وأخيراً النجاح. إنّ عنصر التجريب العلمي الشاقّ هذا لا يمكن إغفاله لأنه يبقى، حتى في مجتمعنا الحالي التكنولوجي للغاية، مكوِّناً أساسياً لاكتشافات علمية هامة. وبالفعل، فإنّ الاعتماد المفرط على الأبحاث المنفّذة بواسطة الكمبيوتر (المكمترة) يمكن أن يقود إلى الفشل الكامل، أو حتى إلى الموت[65].

تأمّل بروس فريسر، الذي أُغفِل تقريباً في هذا التاريخ الوراثي. كتب فريسر ورقة علمية غير منشورة ولكن رُشَيمية حول الحمض النووي قبل أن يكتشف واطسون وكريك اللولب المزدوج وخواصه. والواقع أنهما قد تطرّقا إلى ذكرها على أنها "أفكار ونتائج تجريبية غير منشورة" في الفقرة الأخيرة قبل ملاحظاتهما. لم تُطبَع هذه الورقة

ولم تُسلَّم أبداً إلى أية صحيفة لأنّ السيد فريسر، الذي كان حينها مساعِد باحث في كلية الدراسات العليا، أراها لمدير برنامجه الذي أخبره أنّ نشرها كان سابقاً لأوانه. وبعد 51 سنة، عندما كان في الثمانين من عمره، نُشِرت ورقة السيد فريسر العلمية في **مجلة البيولوجيا التركيبية** *Journal of Structural Biology* في العام 2004[66].

أغفل هذا التاريخ الوراثي أيضاً باحثتَين، هما باربارا ماكلينتوك وهارييت كريغتون، اللتان نشرتا سلسلة من الدراسات في العام 1931 أثبتت عبور المعلومات الوراثية خلال انقسام الخلية، وهي عملية معروفة تقنياً باسم الانقسام المنصّف meiosis[67]. حاولت ماكلينتوك أن تكتشف سبب وجود هذه الجينات المسمّاة بالجينات القافزة، وهي الجينات التي بدا أنها تنتقل من مكانها الأصلي إلى مكان آخر جديد. اكتشفت ماكلينتوك هذا باستخدام الذرة[68]، وأصبحت العملية تُعرَف بالتأشيب وقادت إلى عملية الحمض النووي المؤتلف المعروفة جيداً الآن والتي فتحت الباب لأبحاث الخلايا الجذعية. كوفئت ماكلينتوك متأخّراً بمنحها جائزة نوبل في الفسيولوجيا في العام 1983[69]. إنّ هؤلاء الأبطال والبطلات غير المتغنّى بهم يجب أن يُذكَروا في أية مناقشة حول الحمض النووي لضمان أنه لن يتمّ إغفالهم ثانيةً. وهم يمثّلون عدداً كبيراً من الآخرين الذين لولا عملهم كنا لا نزال نشقّ طريقنا مرتبكين، محاولين شرح هذه العملية المدهشة بإعجاز.

تذكّر أنّ هذا النظام البسيط المؤلّف من أربع وحدات (وحدات فرعية فعلياً) يمكن أن يُنتج دماغاً بشرياً بملايين وملايين الاتصالات البينية، وقلباً بشرياً يضخّ باستمرار 100,000 مرة في اليوم (لفترة طويلة قد تصل إلى قرن)، وجهازاً مناعياً بشرياً يمكن أن يهاجم الأجسام الغريبة دون أن يقتل نفسه، وجهازاً تناسلياً بشرياً يمكن أن يكرّر كائناً آخر من هذه الكائنات الحية الإعجازية مرة أخرى ومن البداية. يعتمد الحمض النووي فقط على الطول[70]. بغضّ النظر عن النزعة الدينية لأيّ منا، من الصعب أن ننظر إلى هذه العملية دون أن نُذهَل بروعتها وإعجازها.

أتاح اكتشاف الحمض النووي إمكانية الهندسة الوراثية، أو عملية المنابلة المباشرة لجينوم كائن حي من أجل نهاية مرغوبة[71]. ولأنّ هذه العملية تتطلّب جمع جينَين أو أكثر من مصدرَين أو أكثر، فهي تُسمّى أيضاً تكنولوجيا الحمض النووي المؤتلف (rDNA). يكمن كلّ الجدل القائم في هذه العملية.

على سبيل المثال، لن ينزعج الكثير منا بفأرٍ مطاطي[72]. نحن نعرف أنه مزيّف.

فهو لا يحاول أبداً أن يُظهر نفسه كفأر حقيقي، بالرغم من أننا قد نتركه في الأنحاء، عابثين، لإخافة أحدهم. ولكنّ ما سيزعج البعض فعلاً هو فأرٌ مُبتدَع في مختبرٍ ما يثب بالفعل! نحن ننزعج بالمبتدَعات التي يبدو أنها تُصنَع لسبب أوحد هو إثبات أنها يمكن أن تُبتدَع (تذكَّر الخرافتَين اللتين بدأنا بهما هذا الفصل). ليست هذه مُبتدَعات حقيقية ويبدو أنها لا تخدم هدفاً حقيقياً. لن يعارض الكثير منا إنقاذ الهندسة الوراثية للأرواح ولكنّ أكثر من نصفنا سيعترض أن تنقذ الهندسة الوراثية بعض الأرواح على حساب إزهاق أرواح أخرى أو ابتداع كائنات وهمية لانهائية فقط لغرض ابتداعها. نحتاج فقط إلى تأمُّل برنامجنا بإدارة الحكومة في معهد توسكيجي في العام 1932، والذي تُرِك فيه عددٌ من الرجال الأميركيين الأفارقة المصابين بمرض السفلس بدون علاج عمداً من أجل تحديد مسار ذلك المرض، وصولاً لموتهم. لم يكن البرنامج مصادفةً، حيث نُفِّذ وقد خُطِّط لتلك النتيجة مقدَّماً[73].

أصبح هذا الموقف أكثر وضوحاً حتى مع إطلاقة الحمض النووي وصناعته الملازِمة. ففي حين أنّ العديد من المنافع أُتيحت للعديد من العلماء، إلا أنّ تقنيات الحمض النووي المؤتلف، كما سُمِّيت لاحقاً، فتحت الباب للعديد من الفوائد الطبية الممكنة بالإضافة إلى العديد من المخاطر الحيوية[74]. ليس من الصعب جداً أن نرى السبب. ففي الوقت نفسه تقريباً، ذُهِل العديد في المجتمع العلمي بالتطبيقات الممكنة في المجتمع البشري: الزراعة، وإدارة الحياة البرّية، وتربية الحيوانات الداجنة، وتحضير الطعام، وبنوك طعام العالم، والصناعة، وقائمة لانهائية من الفرص في الطب مع الإمكانات لشفاء كلّ شيء من ضغط الدم المرتفع إلى الأرجيات إلى كلّ سرطان تقريباً معروف للإنسان[75]. مثل باندورا وإيكاروس، هل أصبح لدى الإنسان الآن ذاك الذي لا يستطيع توجيهه بشكلٍ صحيح؟ ظنّ العديد ذلك، وقاد هذا الموقف إلى مؤتمر أسيلومار في العام 1975، الذي سيُقدَّم المزيد عنه في الفصل التالي. أمّا الآن، فيكفي القول إنّ عدداً غير قليل من العلماء كان خائفاً جداً بشأن الإمكانيات.

لم يُرحَّب باكتشاف الحمض النووي في كلّ وسط. فإلى أن اكتُشِف الحمض النووي، كان من السهل التفكير بالديناصورات على أنها منقرضة عندما بدأت أشكالٌ أخرى مألوفة أكثر من الثدييات بالظهور. ولكنّ دراسات الحمض النووي الحديثة تُظهر أنّ العديد من الثدييات تواجدت مع الديناصورات. وهذا يعني أنّ الحمض النووي خاصتها يتوافق مع ذاك لكائنات حية لا يمكن أن تكون قد وُجِدت في ذلك

الإطار الزمني، أو هذا ما ظننّاه. أشار العلماء البليونتولوجيون (الإحاثيون) إلى نظرية التطور هذه بأنها مثيرة للجنون[76].

بالفعل، فإنّ حقل الهندسة الوراثية الحيوية بأكمله قد غيّر، للأحسن أو الأسوأ، فهمنا لما تعنيه الكلمتان "طبيعي" و"غير طبيعي". وكما يشير البيولوجي مايكل فوكس: "تمكّننا الهندسة الوراثية من خرق الحدود الوراثية التي تفصل عادةً المادة الوراثية لأنواع غير مرتبطة كلياً"[77]. وبينما أصبحت التقنيات للمنابلة الوراثية معقّدة أكثر فأكثر، استُنبِطت تعريفات أكثر تعدُّداً وإثارةً للأعصاب (على الأقلّ للبعض) لما هو "طبيعي".

وفي أواسط تسعينيات القرن الماضي (تحديداً في العام 1996)، استنسخ العلماء على نحوٍ غير طبيعي في بريطانيا العظمى الحيوان الثديّ الأول، النعجة دوللي (سيُناقَش هذا الموضوع بتفصيل أكثر في الفصل 5). وبعد ذلك بسنة، استنسخ العلماء في هاواي فئراناً ثمّ صنعوا مُستنسخات من هذه المستنسخات. وبعد ذلك، ذكر العلماء في تقاريرهم الخلايا الجذعية الأولى (ستُدرس في الفصل 3) المُستنبَتة من أجنّة بشرية.

وفي العام 2001، حصلت أمور كثيرة متعلقة بالهندسة الوراثية. هرع الكونغرس الأميركي لإقرار مشروع قانون يحظر كلّ الاستنساخ البشري. وفي وقتٍ لاحق من ذلك العام، خصّص الرئيس جورج و. بوش تمويلاً فدرالياً من أجل أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية البشرية، ولكن فقط على الخلايا الموجودة، وليس على أخرى جديدة. وبعد ذلك من العام نفسه، أعلنت شركة تكنولوجيا الخلايا المتطورة، وهي شركة كانت تحاول أن تستنسخ الأجنّة البشرية، أنه بالرغم من تمكُّنها من الحصول على مستنسخات جنينية بشرية، إلا أنّ هذه المستنسخات توقّفت عن الانقسام قبل نشوء الخلايا الجذعية. وانتهت السنة بولادة الحيوان المدلّل المستنسخ الأول، الهرّة CC.

وفي ربيع العام 2002، اقترح العمل على فئران مصابة بمرض مناعي وخلايا مزروعة مستنسخة أنّ ما يُسمّى بالاستنساخ العلاجي يمكن أن ينجح. وفي حين أنّ البعض قد يصف كلّ هذا بالرائع، إلا أنّ شيئاً غريباً حدث أيضاً في ذلك العام. ادّعت شركة مرتبطة بالديانة الرائيلية (UFO) أنها استنسخت رضيعاً أنثى. لم يُقدَّم أيّ إثبات وتبيّن لاحقاً أنّ الادّعاء كان كاذباً. وفي العام 2003، فشلت محاولات

الاستنساخ على السعادين بشكلٍ مخيِّب للآمال وزوّدت ببعض الدليل على أنّ التقنية المستخدمة على دوللي قد لا تنجح على الإنسان برغم كلّ شيء. وفي أواخر العام 2003، أجّلت الأمم المتحدة تصويتاً على حظرٍ على كلّ الاستنساخ البشري لسنتين على الأقلّ. وفي شباط (فبراير) من العام 2004، أعلن بانوس زافوس، وهو طبيب عقم، زرع جنين بشري مستنسخ في رحمٍ بشري ولكن دون نتائج. وفي ذلك الشهر نفسه ادّعت مجموعة كورية امتلاكها لثلاثين جنيناً بشرياً مستنسخاً، من ضمنها واحدٌ يُنتج خلايا جذعية جنينية. وفي آب (أغسطس) من العام 2005، ادّعى باحثون كوريون ولادة الكلب المستنسخ الأول، "سنوبي"[78].

أثارت كلّ هذه الاكتشافات أسئلة أخلاقية هامّة ولكنها غير محلولة بعد بشكلٍ كامل. في كثيرٍ جداً من الأحيان تطوّرت التكنولوجيا العلمية قبل زمنٍ طويل من الاهتمام بمعالجة القضايا الأخلاقية أو حتى مناقشتها. ولكن ليس الأمر كما لو أننا لم نكن سائرين على طريق مماثلة جداً من قبل. يبقى السؤال ما إذا كنا قد تعلّمنا أيّ شيء من تلك الزيارة.

تاريخ موجز لتحسين النسل (*Eugenics*)

من نحو العام 1910 إلى الأربعينيات من القرن نفسه، كان الأميركيون قلقين – قد تكون كلمة مرعوبين ملائمة أكثر – بشأن يمكن أن يُسمّى بتهديد الأبله[79]. قبل اكتشاف الحمض النووي، وفقط بعد أن توصّلنا إلى فهم قوة الوراثة، كان الأميركيون مدركين تماماً لبِركتهم الوراثية genetic pool وأرادوا أن يُبقوها نظيفة. اشتهر هذا القلق، أو الرعب، بالاسم المتواضع "تحسين النسل"، وهو علم تحسين السلالة من خلال التحكّم بالعوامل الوراثية. وقد عنى هذا عادةً تشجيع ما يُسمّى بالمتوالِدين breeders الجيدين وإعاقة البقية بأي وسيلة ضرورية. وكما عبّر عن ذلك أحد الباحثين: "إنّ الثورة في علم الوراثة، وبالرغم من امتلائها بالوعود لفهم تكويننا الخاص ولامتلاك القدرة على تغيير الحياة البشرية للأحسن، قد أثبتت أنها مشوّشة للغاية"[80].

لو أنّ الأميركيين كانوا مدركين لمنشأ فكرة السلالة الخالصة أو الأفضل التي طمح إليها علم تحسين النسل، فلربما كانوا أقلّ حماسة بشأنها. كان فريدريك نيتشه، الفيلسوف الألماني، قد رسم بالفعل صورة وصفية أدبية لفكرة الرجل المسيطِر ومفهوم الاستيلاد الانتقائي. ففي العام 1885، أوجز نيتشه أهمية فصل ما يُسمّى بالسلالة المسيطِرة عمّا أسماه التلوّث من السلالات الضعيفة، "سلالة بمحيطها الحيوي

الخاص... سلالة إيجابية تستطيع الاستمتاع بكلّ رفاهية"[81].

أثارت الكتب الدراسية الأميركية المراقِبة بانتباه لتحسين النسل والرعب غير المنظور لبِركة وراثية ضعيفة مخاوف القرّاء كما يلي:

إنّ نسبة أولئك الذين هم حمقى في اتجاهات شتّى لتأليف طبقة الحمقى تُقدَّر بثلاثة بالمائة من تعدادنا، وإذا شملنا معهم السكّيرين، والعالات، والمجرمين، والمجانين، وأولئك ذوي النقائص الجسدية الصلبية التي تجعلهم في أغلب الأحوال غير كفوئين، فسيبدو أنّ التقدير الموثوق هو أنّ 8 بالمائة من تعدادنا بعيدون جداً عن امتلاك قدرات الرجال والنساء الفعّالين القادرين ليس فقط على إعالة أنفسهم، بل أيضاً على دفع عمل العالم فعلياً إلى الأمام[82].

بدا ذلك مثل وباء، بالرغم من أنه لم يصل أبداً (في أميركا، على أية حال) إلى أكثر من 3 بالمائة من تعداد السكان. عندما اختُبِر مجنّدو جيش الحرب العالمية الأولى الجدد، وجِد أنّ مليونَين تقريباً كانوا بالكاد متعلّمين. ادّعى العلماء أنّ هذه الاختبارات قاست الذكاء الفطري، وليس التعليم أو التدريب. ولكنّ علماء في صميم المهنة - رجالاً مثل هافلوك إليس، العالِم المشهور الذي حدّد لعددٍ من الأجيال فهمنا (سيجادل البعض أنه حدّد سوء فهمنا) للعلاقات الجنسية - صرّحوا بمصطلحات أكيدة بما يجب فعله. إنّ النداءات إلى "التحكّم بالنهر عند منبعه" و"منع تلوّث ذلك النهر بالقذارة" وعدم السماح له بأن "يُوَحِّل" سلالتنا ويجرف عملنا الكادّ، أدّت إلى جلب تحسين النسل إلى الاتجاه السائد[83]. وبالمناسبة، فإنّ تلك القذارة كانت صنو الأميركيين! وبالفعل، فإنّ إعادة قراءة بعضٍ من هؤلاء المُصلِحين (بمن فيهم الوعّاظ من منابرهم) تجعلنا نتوقّف ونفكّر مليّاً[84].

دُفِع تحسين النسل إلى طليعة المناقشة وسواء أكان علماء تحسين النسل إصلاحيين reform eugenics أو مندليين mainline eugenics (التصنيف لدانييل كيفليس)، فقد ثبت أنّ النتيجة واحدة: نظّفوا البِركة الوراثية[85].

يُحتمَل أنّ الفزع قد نشأ من العدد الهائل للمهاجرين الذين تدفّقوا إلى هذا البلد، تلك "الطبقات العاملة المحشدة، الفقيرة، والمتعبة" التي رحّب بها تمثال الحرية. وهناك آخرون كانوا حتى أكثر منافاة للأخلاق والقانون ممّا كان هافلوك إليس. ادّعى هـ. ج. مولر أنّ "البُلْه يجب أن يُعقَّموا ... وأنّ ذلك بالطبع لا نزاع فيه". لو أنّ أداة الانتقاء الجيني والتقصّي الجيني (انظر الفصل 7) كانت متوفّرة، لكانت مطلوبة

بلا شكّ[86]. وحتى ريموند ب. فوسديك، مصمّم ورئيس مؤسسة روكيفيلر المعروفة (1936–1948)، دعا بإلحاح إلى "هندسة جسورة في الحقل الاجتماعي" ستدفع حدود الفهم البشري[87]. أمّا فرانسيس غالتون (1822–1911)، وهو عالِم بارز للغاية ساعد لاحقاً في تطوير اختبارات الذكاء التي لا تزال مستعملةً اليوم والمعروف لعمله الرائد في علم الإحصاء، فقد جادل أنه بالرغم من أنّ لا شيء تقريباً كان معروفاً عن قوانين الوراثة، إلا أننا استطعنا أن نعرف أيّ الآباء أردنا أن نستولد وأيهم لم نُرِد[88].

ثبت أنّ عمل غالتون كان محورياً بصورة خاصة. مُقلِّداً مندل، استخدم غالتون بذور البازلاء العطرة "كـ ... دليل انثروبولوجي ... كوسيلة لإلقاء الضوء على الوراثة في الإنسان"[89]. بجمع هذه البيانات مع البيانات من المختبر الانثروبومتري **وسجلّ القدرات العائلية**، تمكّن غالتون من تبيان أو، على الأقلّ، اقتراح النتيجة الوراثية لعائلات معيّنة. بتبيان أشياء مثل الطول، والوزن، ولون الشعر، وهلمّ جرّاً، استطاع غالتون استنتاج الذكاء بقليل من العناء. هذا الدليل، مقترناً مع دليل حاصل الذكاء I.Q. (الدليل الذي زُوّد به لاحقاً مجنّدو الجيش) ثبت في النهاية أنه قاهر: إذا أردنا أن نُبقي السلالة نظيفة (أيّ خالصة)، لا بدّ أن يكون هناك استيلاد انتقائي[90].

لم يحصل العلماء على المساعدة من علماء آخرين ومن رجال الدين فحسب، بل أيضاً من عمالقة مثل مؤسِّسة حركة تحديد النسل في أميركا، مارغريت سانغر، ومثلها في بريطانيا، ماري ستوبس. استحثّت كلتا المرأتين بشدّة طرقاً لتحسين النسل تمّ فرضها بحكم القانون[91]. كانت مسرحية **الرجل والرجل الخارق** لجورج برنارد شو أنشودة النصر الحقيقية للسلالة الجديدة من المتوالدين الخارقين. يُعدِّد جاك تانر، فوضوي المسرحية، بوضوح ما يمكن للعلم أن يفعله بالحيوانات ويصرِّح: "ما يمكن أن يُفعَل بالذئب يمكن أن يُفعَل بالإنسان"، ما يعني بالطبع أننا إذا تحكّمنا بالاستيلاد، فبإمكاننا أن نستولد سلالة من الرجال الخارقين.

أصبح عمل مندل أكثر أهميةً وانتشرت في أنحاء البلد لوحات حيّة (تمثيل ساكن) صغيرة، سُمِّيت مسارح مندل، لتبيان أنه إذا كان من الممكن توارث الشعر البنّي والعيون الزرقاء، فما المانع من توارث التراخي والكسل؟[92] أصبحت عائلتا أدا جوك ومارتن كاليكاك الأقلّ حظاً مثالَين جيّدين وثيقَي الصلة بالموضوع. كانت سلسلة النسب لأدا جوك متّسمةً بعدد مذهل ممّن سُمّوا بالحمقى والبُله. انتشرت صورٌ لها ولعائلتها في كلّ مكان محذِّرةً من أنّ "معظم المشاكل الاجتماعية سببها عائلات قليلة

نسبياً، وأنّ حذف بضع سلاسل نسب معيوبة سيُسفر عن انخفاض هائل في مشروعات قوانيننا العامة"[93]. لم يتوقّف الأمر عند هذا الحدّ. أصبحت العائلات تُقدَّر بقدرتها على إنتاج النوع الملائم من الذرّية. إذا أرادت أميركا أن تحتفظ بسلسلة نسبها الخالصة، فيجب أن تُلقَى المواعظ (وهذا ما حصل) ويُنبَّه الشباب إلى أنهم لا يجب أبداً أن يضلّوا بل أن يلزموا نوعهم الخاص. وبالفعل، إذا أُريد لأميركا أن تبقى قوية، وإذا كانت ستقلِّل معاناة البشر إلى الحدّ الأدنى وتزيد الخير العام إلى الحدّ الأقصى، فعليها أن تتأكّد من أنّ شبابها لن يتبعوا ما سُمِّي تلطُّفاً بالغريزة العمياء. لأنهم إن فعلوا، فسيكون بلدنا فاسداً بقدر إيكاروس وسينهار كما فعل[94]. وقاد هذا إلى مهرجانات واستعراضات لما يُسمّى بالأنواع الملائمة من العائلات. لاحِظ بدقة الحجج الإيثارية ("لأجل خير الجميع"، و"لمنع الأمراض"، و"خفض مشروعات القوانين العامة") التي جعلت هؤلاء المصلحين حماسيين. سنراهم مرة أخرى في الفصل 7.

وجد هؤلاء العلماء من يتحدّاهم. فالروائي الكبير سنكلير لويس تحدّى الحركة بازدراء في روايته **أروسميث** *Arrowsmith*، التي تُقدِّم فيها عائلة الشخصية الرئيسية، ما يُسمَّى بعائلة خصيبة النموّ في مهرجان ولاية أيوا، على أنها "Holton Gang"؛ الوالدان غير متزوّجين والأطفال أبعد ما يكون عن الكمال. وشجب ج. ك. تشسترتون، كاتب المقالات الانكليزي الكبير، الحركة على أنها جزءٌ ممّا أسماه روتينية الموظّفين العلمية وحتى نزعتهم إلى الاستبداد، بينما شجبت الكنيسة الكاثوليكية الإعقام[95]. لم يكن لهذا أهمية. فهذه الأصوات القليلة صاحت في ظلام مهجور. وجد وسط أميركا، خصوصاً كما هو ممثَّل بسكّان الغرب الأوسط، هذه الحجج ضدّ بِركة وراثية ضعيفة مقنعةً للغاية. وأضِف إلى هذا الدليل، بغضّ النظر عن ضعفه، مباريات العائلات الأكثر كفاءة Fitter Family Contests في مهرجانات المقاطعات في أيوا، وكنساس، وأماكن أخرى، وبدأت حركة سلالة خالصة حقيقية، هنا مباشرة في ريفر سيتي River City. لم يكن هناك أيّ شيء دقيق بشأن هذه المهرجانات أيضاً. نشرت المهرجانات على الملصقات الإعلانية أنّ "خالص + خالص = أطفال طبيعيون"، ولكنّ "شاذ + شاذ" أو حتى "خالص + شاذ" عنى إمّا نتيجة مغشوشة أو ملوّثة[96].

قد يُثبت تحسين النسل أنه فقط حلمٌ آخر للمفكِّرين ولا شيء آخر. في أغلب الأحيان، ليس للأفكار البعيدة عن الاتجاه السائد الصادرة عن الأكاديميين (وهذا يستمرّ اليوم)، إلا تأثيرٌ قليل أو منعدم في عامّة الناس. يمكن لتحسين النسل أن يكون

مماثـلاً، أليـس كذلـك؟ بكلمة واحدة، لا. أُقِرّت عشـرات مـن قوانين الإعقام من قِبَل الولايات، مثل ذلك القرار المتبنّى من قِبَل ولاية فيرجينيا في العام 1924. وقد كانت تأثيراته بالكاد غير مؤذية. تمّ في العام 1958 إعقام أكثر من 61,000 أميركي، 20,000 منهم في كاليفورنيا وحدها[97]. وفي أوائل عشرينيات القرن الماضي، عندما تبيّن أنّ بيتي ستارك، الفتاة المعوزة ذات الخمسة عشر عاماً في لينشبيرغ في فيرجينيا، حاملٌ، انتهى بها الأمر في مؤسسة للمتخلّفين عقلياً بناءً على طلب والدها عقب وضعها لمولودها والتبنّي التالي له[98]. أظهر اختبار الذكاء .I.Q نسبة ذكاء قدرها 72 بالمائة، أيّ ما يقارب التخلّـف العقلـي الخفيـف. أخضعها أطباؤها لعمليـة زائدة دودية لم تعلم بيتي بها إلا بعد سنوات عديدة، وبعد الكثير من الأسى كان إعقامها. لا أحد غير قاضي المحكمة العليـا أوليفـر ونـدل هولمـز كتب قرار تأييد دسـتورية الإعقام في قضية بوك ضدّ بيل، معتقـداً أنّ إيمـا بـوك وابنتهـا كاري يجـب ألاّ تسـتمرّا فـي إنجاب أطفـال. وتمّ إعقام أيضاً ابنة أخرى، فيفيان، بالرغم من أنّ الدليل المزعوم الوحيد على عدم لياقتها كان نسـبها. ولم يتمّ أبداً اختبار ذكائها[99]. كانت عبارة "ثلاثة أجيال من البُله تُعتبَر كافية"، التـي كتبهـا هولمـز في قراره الأخير، الصرخة الحاثّة لاسـتمرار الانتقاء الجيني ولعلّها الشـيء الوحيد المتذكَّر من ذلك القرار المحزِن. أضاف جوليان هوكسـلي المزيد من الموثوقية، مجادلاً أنّ "الأنواع البشرية هي في أمسّ الحاجة إلى التحسين الوراثي"[100].

قـد يـرى البعـض أنّ هـذا النقـاش الختامـي حول تحسـين النسـل لا يعدو كونه موضوعـاً ثانويـاً فـي كتابٍ حول الهندسـة الوراثية. ولكنه يخـدم أكثر بكثيرٍ من ذلك. فبالرغم من أنّ مؤسّسي علم تحسين النسل يمكن أن يُنبَذوا بسهولة على أنهم حماسيون بإفراط أو أسوأ من ذلك، إلا أنّ العديدين من مؤيّدي الهندسة الوراثية اليوم لا يزالون يشيرون إلى علم تحسين نسل إيجابي وسلبي[101]. وهذا يعني أنّ هناك أنواعاً معيّنة من المنابلة الوراثية لها تأثيرات جانبية سلبية (مثل قوانين الإعقام المذكورة أعلاه) وأنواعاً معيّنة تُعتبَر إيجابية (واسـمة لأمراض). ولكن كما سـنرى، الأمر ليس سـهلاً بقدر ما يبدو. ففي أيّ وقت يبدأ فيه أيّ شخص، بغضّ النظر عن مدى ذكائه، بالحديث عن تحسـين السـلالة على حسـاب الآخرين، حتى تُقرَع الأجراس وتُدَقّ نواقيس الخطر. طالما أنّ المرء على الجانب الإيجابي من المعادلة، فقد لا يرى الخطر. ولكن، انزلِق إلى الجانب السلبي وسيصبح كلّ شيء فجأة واضحاً تماماً. فكّر فقط بالجماهير وانسَ الفرد، وسيضيع كلّ شيء[102].

إنّ الفكرة وراء تحسين النسل - والبعض يجادل بأنها تظهر على السطح من وقتٍ إلى آخر حتى اليوم - تُثبت أنّ المعرفة العلمية غير الأكيدة حتى في أيدي الخبراء يمكن أن تُستعمَل بشكلٍ غير صحيح. وفي حين أنّ هناك البعض ممّن يجادلون بوجوب صرف النظر عن تحسين النسل، خصوصاً في سياق التطوّرات العلمية الجديدة التي تجعل أهدافه أكثر قابليةً للإنجاز، إلا أنّ هناك آخرين متأكّدين تماماً من أنّ حلقة تحسين النسل في تاريخنا يجب أن تخدم فقط كتحذير من مخاطر تجاوز الحدود.

على الأقلّ، يجب أن يجعلنا هذا التحذير جميعاً نتوقّف ونفكّر مليّاً ونحن ندخل عصراً جديداً يزوِّد حتى بمزيد من القدرات التقنية لإحداث سلالة تكون أقوى وأحسن. وكما سنرى في الفصل 7، تتيح الهندسة الوراثية للآباء والأمهات ليس فقط اختيار جنس مولودهم، بل أيضاً كيف سيتمّ التعبير عن ذلك الجنس. في الأيدي الخطأ، تتيح الهندسة الوراثية للآباء والأمهات أن يختاروا الذكور من دون الإناث بينما يحذفون ما نعرِّفه بأنه غير مرغوب فيه: الضعفاء، والأغبياء، وذوو الإعاقات، بمن فيهم الأشخاص المصابون بمتلازمة داون. بتعبيرٍ آخر، هل نحن مستعدون للتمييز، كما يعبّر أحد الكتّاب عن ذلك، بين المُحسَّن وغير المحسَّن؟[103] هل هذا ما نريده؟ هل هذا ما ينبغي لنا أن نريده؟ وحالما نبدأ هذه العملية (والعديد يقول إنها قد بدأت بالفعل)، هل يمكننا أبداً أن نعود أدراجنا؟ إذا أتيح للآباء والأمهات أن يختاروا الجنس، فهل سيُتاح لهم أيضاً أن يختاروا ما هو أكثر؟[104]

لقد فتحت الهندسة الوراثية صندوق باندورا. وسواء أخترنا الجنس أو اخترنا الأفضل، أو اخترنا أن نمحو جزءاً من تعداد السكان من خلال علم الوراثة البيولوجية، فقد خرج الجنّي من القمقم. وبما أننا قد فتحنا الصندوق الآن، فهل احتفظنا بما يكفي من الأمل للأجيال المستقبلية؟ هل ستكون ميولنا مدمِّرة ذاتياً بالفعل؟ سنلتفت الآن إلى هذه الجدالات.

3

التضفير، والتقطيع، والاستنساخ

إلى أسيلومار وما بعده

إذا كانت رواية **فرانكنشتاين** لماري شيلي تفاجئنا ببصيرتها في التوقع برغبة الجنس البشري النهمة في إحداث الحياة لاتزاوجياً[1]، فإنّ رواية **العالَم الجديد الشجاع** *Brave New World* لألدوس هوكسلي تصدمنا ببصيرة خارقة للطبيعة تصف لنا، سبقياً، مؤسسة إنتاج تصنع البشر. نقتطف مقطعاً من القصة عند مفقس لندن حيث يُلقي مدير المؤسسة محاضرة على أسماع الطلاب المبتهجين عن عملية الإخصاب. يستحقّ المقطع سرداً مطوّلاً:

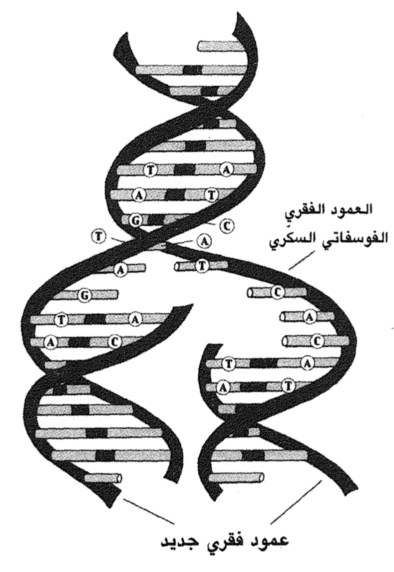
شرح قائلاً: "مؤونة الأسبوع من البويضات. تُحفَظ عند درجة حرارة الدم، بينما الأمشاج (المشيج gamate هو عبارة عن خلية جرثومية ناضجة أو بالغة إذا اتحدت بخلية جرثومية أخرى كونت فرداً جديداً) الذكرية"، وهنا فتح باباً آخر وتابع: "يجب أن تُحفَظ عند خمس وثلاثين درجة بدلاً من سبع وثلاثين. تجعلها حرارة الدم الكاملة عقيمة". الخراف المغلّفة بمولّد حرارة لا تُنجب حملاناً.

وبينما لا يزال متكئاً على المِحضنات التي أعطاهم إياها، وبينما كتبت الأقلام بسرعة بخطّ غير مقروء عبر الصفحات، وصفاً موجزاً لعملية الإخصاب الحديثة... تابع (المدير) واصفاً بإيجاز التقنية المستخدَمة لحفظ المبيض المُستأصَل حياً ونامياً بشكلٍ فعّال. ... غُمِر هذا الوعاء في مرق زرعي دافئ يحوي حيوانات منوية تسبح بحرّيةٍ؛ بتركيز أدنى يبلغ مئة ألف لكلّ سنتيمتر مكعّب... عادت البويضات المخصّبة إلى المِحضنات... حيث بقيت مجموعات الألفا والبيتا إلى أن عُبِّئت في زجاجات

بشكلٍ أكيد، بينما أُظهِرت مجموعات الغاما، والدلتا، والإبسلون مرة أخرى، بعد ستٍّ وثلاثين ساعة فقط، لتخضع لعملية بوكانوفسكي.

كرّر المدير: "عملية بوكانوفسكي"، ووضع الطلاب خطاً تحت الكلمتَين في دفاتر ملاحظاتهم الصغيرة.

بويضة واحدة، جنين واحد، راشد واحد؛ حالة سويّة. ولكنّ البويضة الخاضعة لعملية بوكانوفسكي ستتبرعم، وكلّ برعم سيتكاثر، وينقسم. من ثمانية إلى ستة وتسعين برعماً، سينمو كلّ برعم إلى جنين تامّ التشكيل، وكلّ جنين إلى راشد كامل الحجم. سينمو ستة وتسعون إنساناً بينما لم ينمُ من قبل إلا إنسان واحد. تقدّم[2].



الشكل 1.3 عملية فتح الزمام المنزلق للحمض النووي DNA unzipping

بالطبع، إنّ العودة الآن بأفكارنا إلى الماضي بعد هذا الكمّ الكبير من العلم والتعصُّر، يجعل هوكسلي يبدو عتيق الطراز، ولكن ليس كثيراً. تذكّر أنّ الكتاب ظهر لأول مرة في العام 1939. على نحوٍ مثير للدهشة، أشار هوكسلي، قبل اكتشاف اللولب المزدوج وأبحاث الخلايا الجذعية، إلى المأزق الأخلاقي والأدبي. بعقله الذكي، وصف هوكسلي تقريباً عملية تضفير الجينات، والخلايا الجذعية، والهندسة الوراثية قبل أن تصبح هذه كلماتٍ مألوفة بين العلماء بزمن طويل. **العالم الجديد الشجاع** هو المكان الجديد الرائع الذي يؤرِّخ فيه هوكسلي الحياة الخيالية التي حُرِّرنا منها؛ سلاسل الوطنية، والدين، والأخلاق، وكلّ البقية التي تستعبدنا. ولكننا نتخلّى عن شيء من أجل شيء آخر دون أن نعرف ما إذا كنا قد قمنا بالخيار الأفضل. السؤال اليوم هو: هل لا يزال كلّ شيء خيالياً؟

لقد جلبت لنا الهندسة الوراثية عالماً جديداً، ولكن، بأيّ ثمن؟ هل أصبحنا "أدوات أدواتنا"، كما حذّر ثورو؟ هل أصبحنا، في هذا العالم الجديد، كائنات بلا شخصيات؟ وفقاً لسكلير لويس، "إذا أراد أي جيلٍ جديد أن يُحرِز، من خلال تحسين النسل والتربية العلمية، القدرة على جعل نسله كما يشاء، فإنّ كلّ الرجال الذين يعيشون بعده هم خاضعون لتلك القدرة. هم أضعف، وليس أقوى... (لأنه) إذا تحقّقت أحلام المخطّطين العلميين... فإنّ حكم بضعة مئات من الرجال على بلايين وبلايين من الرجال (قد تمّ التنازل عنه)"[3].

هل هذا تقييم قاس جداً؟ لا شيء في العلم يسعى بشكلٍ فعّال لفرض وجود شبيه بزومبي على الإنسان. ومع ذلك، هناك تشابه غريب في تكنولوجيتنا اليوم، وتكنولوجيا العالم الجديد الشجاع، للوصول إلى ما يمكن أن يعتبره البعض عالم هوكسلي نفسه أو "الرجال عديمي الصدور" للويس. يُعتبَر هذا سرداً للتاريخ نفسه أكثر منه تقديراً للقيمة. هل نستطيع أن نتحكّم بما تعلّمناه، من أجل نفعنا الأقصى؟

بعد اللولب، الفيضان؟ تضفير وتقطيع الجينات

شرح عمل مندل كيفية انتقال السمات من جيلٍ إلى جيل. وكما رأينا في الفصل 2، تمّ تنقيح واستكشاف عمله هذا إلى أن فُسِّر بشكلٍ كامل من خلال نموذج اللولب المزدوج لواطسون وكريك. قاد ذلك الاكتشاف إلى الهندسة الوراثية، وهو مصطلحٌ عام يمكن أن يشير أيضاً إلى استنساخ الحمض النووي أو الحمض النووي المؤتلف[4]. إنّ الهندسة الوراثية هي "المنابلة أو التعديل المتعمّد للمادة الوراثية للخلية، من أجل

الإنتاج المباشر لتغيير في سمة معيّنة للكائن الحي"[5]. يشير الاستنساخ، الذي ترجع لفظته الانكليزية cloning إلى اللفظة اليونانية *klon* التي تعني البرعم أو الغصين، إلى منابلة وراثية متعمّدة بنتيجة نهائية تكون مادة مطابقة وراثياً.

يبدو كلّ شيء بريئاً بما يكفي إلى أن يدرك المرء أنّ تغيير "سمة معيّنة في الكائن الحي" يعني تغيير سمة معيّنة فيك أو فيّ. يمكن أن يكون هذا أمراً جيداً أو سيئاً، اعتماداً على السمة المغيَّرة، وما إذا كان التغيير دائماً، وما إذا كان التغيير بإذن أو من دون إذن الشخص. تزوّد مناقشة تحسين النسل في نهاية الفصل 2 بدليل وافر على أنّ تغيير سمات الشخص من دون إذنه، حتى في أميركا، ليس أمراً مستحيلاً.

إذاً، كيف يُحدَث هذا التغيير؟ تذكّر من الفصل 2 عملية فتح الزمام المنزلق للّولب المزدوج، التي يتكون فيها الحمض النووي، بمساعدة عمليتَي الانتساخ والترجمة، جينات. ما إن تمّ فهم هذه العمليات، حتى بدأ العلماء يتلاعبون بها[6].

تقنياً، فإنّ هذا التلاعب، المسمّى زرع الخلايا الجذعية، هو عملية الوصل التساهمي (المعروف بالربط ligation) لأية قطعة من الحمض النووي (يشار إليها بالمُقحَمة insert) محتواة في مزيج غير محلول إلى عنصر حمض نووي قابل للانتقاء ومؤهّل للتكرار (يُدعَى متجهاً جزيئياً). وبعد ذلك تُنقَل هذه إلى خلايا مضيفة[7]. بمصطلحات الشخص غير الاختصاصي، يعني هذا أخذ قطعة من الحمض النووي يمكن أن تُفصَل، وقطعها، ووضعها في خلية مضيفة أخرى. استخدمت أول تجربة كتلك (أجراها بيتر لوبان وديل كايسر في جامعة ستانفورد) جينات الرنا الريبوسومي (الموصوف في الفصل 2) من ضفدع ووضعتها في بكتيرية (مُفرَد بكتيريا bacterium، مثل الإشريكية القولونية Escherichia coli (أو *E. coli* اختصاراً). تُعتبَر الإشريكية القولونية مضيفة مستخدَمة على نطاق واسع ومتوفّرة بسهولة للعلماء العاملين في هذا الحقل[8]. ومع ذلك، فإنّ الفضل يُنسب عادةً لبول بيرغ لإحداثه لجزيء الحمض النووي المؤتلف الأول، بينما يُنسب الفضل لهيربيرت بوير وستانلي كوهين في العام 1972 لتنقيحهما العملية الفعلية إلى تلك المستخدمة اليوم[9].

القطع يتطلّب مقصّاً، واللصق يتطلّب شريطاً لاصقاً

ولكن لا شيء من هذا كان ممكناً إلا بعد عشرين سنة من اكتشاف واطسون وكريك. في العام 1970، اكتشف هاملتون سميث ودانييل ناثان، وكلاهما من جامعة جونز هوبكنز، فئةً ممّا يُسمّى الآن بالإنزيمات المحدِّدة restriction enzymes. يمكن

لهذه الإنزيمات أن تُستخدَم كمقصّ لقطع الحمض النووي عند مواضع معيّنة، ما يُسهِّل عملية القطع والتضفير، إذا جاز التعبير، في المكان المرغوب[10]. أحدثت هذه العملية بالفعل ثورةً في الهندسة الوراثية، متيحةً إنجاز كلّ أنواع القطع لمتتالية الحمض النووي وإقحام ما تبقّي في الكائنات الحية نفسها أو حتى في أخرى مختلفة. شُبِّه هذا القطع والتضفير بأشياء عديدة لشرح ما يحدث: يرجّح أنّ التشبيه الأفضل والأكثر حيوية قد يكون تحرير فيلم. وفي حين أنّ أدوات القطع هي الإنزيمات المحدِّدة، إلا أنّ أدوات التضفير عبارة عن فئة أخرى من الإنزيمات تُسمّى الليغازات ligases[11]. تربط الليغازات أطراف قِطَع الحمض النووي وتلصقها أو تُغرِّيها معاً.

إذاً، الواقع أنّ هناك أداةً واحدة، شبيهة بالمقصّ، تقطع الحمض النووي، وأداةً أخرى، شبيهة بالشريط اللاصق، تلصق أطرافه مرة أخرى معاً. قد يساعد هذا في شرح السبب وراء إمكانية وصل الحمض النووي من بكتيرية بحمض نووي حيواني. بالطبع، يكمن هنا جزء من الجدال القائم. يشكو العلماء من أنّ عامّة الناس يسيئون فهم هذه العملية (صحيح بلا شكّ) ولهذا، يجب ألاّ يخشوا ظهور أسماك برؤوس فئران من المختبرات. من ناحية أخرى، إذا كان بإمكان العلماء أن يربطوا البكتيريا بالحيوانات، فما الداعي إلى القلق بشأن أسماك برؤوس فئران؟ في الحقيقة، لا يوجد فأر بحمض نووي بشري، ناهيك عن فئران تُنبت آذاناً شبيهة بأذن الإنسان[12]. تكمن الإجابة في المستويَين الخلوي والعملي على حدّ سواء.

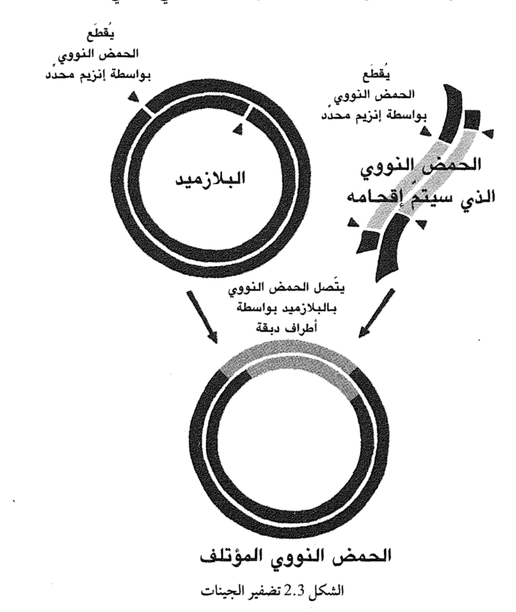
تضفير الحمض النووي

عملية القطع والتضفير هذه، مقرونةً بتجارب ناجحة متنوّعة، أظهرت للعلماء أنّ الجينات يمكن أن تُنتَج للدراسة ولاستعمالات صناعية. ولاحقاً، نُقِلت العملية للنباتات (كما ستتمّ مناقشته في الفصل 4) والحيوانات (الفصل 5)، مُحدِثةً ما يُسمّى بالكائنات الحية المعدّلة وراثياً. ما اكتشفه العلماء هو أنّ هذه العملية تُتيح للمضيف أن يتكرّر في بعض أو كلّ الخلايا ومن ثمّ ينقُل الكائن الحي الناتج هذه الشيفرة الجديدة للأجيال التالية. وفي حين أنّ العملية سهلة إلى حدّ ما، إلا أنّ استهداف جينات معيّنة (الجينات المعيوبة مثلاً) واستبدالها بأخرى غير معيوبة لم يكن سهلاً بالقدر نفسه. قادت هذه التقنية إلى ترسيخ مجموعات من أجزاء الحمض النووي في ما يُسمّى بالمكتبات الجينومية genomic libraries. تزوّد هذه المكتبات بكلّ ما هو ضروري للمواد المستخدَمة في عمل المتتاليات، أو لدراسات الحمض النووي

الأخرى، أو للأنواع الأخرى من مشـاريع وتطبيقات الاستنسـاخ. قادت مجموعة هذه المكتبات إلى مشروع الجينوم البشري (الموصوف في الفصل 6)، الذي اشتمل على رسم خريطة لكلّ الكروموسومات الـ 46، وما تقوم به، والمكان الذي تكمن فيه.

خطوات التضفير

فـي حيـن أنّ التزويـد بالتفاصيل الدقيقة لعملية التضفير ليس هدف هذا الكتاب، إلا أنّ إعطـاء فكـرة عامّـة سـيكون مفيـداً في فهـم الجدالات وثيقـة الصلة بالموضوع التي سـتتمّ مناقشـتها لاحقاً. الخطوات التي تشـتمل عليها عملية التضفير هي تحضير المُقحَمـة، والربـط، والتحـوُّل، وانتقاء المحوّلات، والتقصّي الجيني للمُستنسَـخات[13].



الشكل 2.3 تضفير الجينات

وكما يعبّر عن ذلك أحد أعظم مطوِّري أدوات التأشيب، ستانلي كوهين: "هناك أربعة عناصر أساسية: طريقة لقطع ووصل جزيئات الحمض النووي من مصادر مختلفة. وحامل جين ملائم يستطيع على حدّ سواء تكرار نفسه وقطعة حمض نووي غريبة موصولة به. ووسيلة لإقحام الحمض النووي المركّب... وطريقة لانتقاء متقبِّل مُستنسَخ من مجموعة كبيرة من الخلايا"[14]. تُحضَّر المُقحَمة بجمع مقادير كبيرة من جزء الحمض النووي بهضم الحمض النووي الجينومي بإنزيم محدِّد. تُميِّز معظم الإنزيمات المحدِّدة متتاليات قصيرة تُقرَأ طرداً وعكساً. تُقسَّم هذه بطريقة تعاقبية الترتيب، مُنتجةً بضع مئات إلى بضعة ألوف من الأجزاء. ولأنّ العلماء يعرفون كيف يتّصل الحمض النووي (موصوف في الفصل 2) ومُلِمّون بالأحماض الأمينية العشرين (بالإضافة إلى راموزات التوقّف)، فإنّ هذه العملية ليست مُحيِّرة للعقل بقدر ما تبدو.

أكثر المتجهات المستخدمة شيوعاً هي البلازميدات، أو العناصر خارج الكروموسوم، القادرة على تكرار نفسها ضمن مضيفها بصرف النظر عن الكروموسوم المضيف. إنّ أعداداً كبيرة من هذه المتجهات مصدرها بلازميدات بكتيريّة، خصوصاً في الإشريكية القولونية، وهو سبب شيوع استعمالها في المختبرات. ومتجهٌ آخر يُستعمل بشكلٍ شائع هو العاثية (اختصار لعاثية الجراثيم bacteriophage، الموصوفة بمزيد من التفصيل أدناه) المشار إليها باللاميّة، أو البلازميد الموجود في الخميرة. تُنجَز خطوة الربط بواسطة عاثية أخرى (تُسمّى T4) مُحضّرة من خلايا مصابة بالإشريكية القولونية. يتمّ في خطوة التحوّل إقحام هذه في المضيف. وبما أنّ هذا لا يحدث طبيعياً (إلا في الفيروسات)، فلا بدّ أن يحدث عبر علاجات كيميائية وفيزيائية تجعل المضيف قادراً على تقبّلها. في الحقيقة، إن العملية في الفيروسات تحاكي ما يحدث في عملية التحوّل. يهاجم فيروس (يُسمّى عاثية الجراثيم أو العاثية) غشاء الخلية البكتيريّة ويُقحِم الحمض النووي خاصته. يُكرِّر الحمض النووي (نفسه والحمض النووي للخلية على حدّ سواء) ويرحل لاحقاً. وعندما يهاجم خلية بكتيريّة أخرى، يتمّ تكرار الحمض النووي للخلية والفيروس على حدّ سواء في الخلية البكتيريّة الجديدة، وهلمّ جرّاً، مُطلِقاً متجهات الفيروس في كامل أنحاء الكائن الحي[15].

لخطوة التحوّل حصيلة منخفضة، ولهذا، فإنّ انتقاء المحوّلات يُعتبَر حاسماً. تزوِّد بكتيريا مثل الإشريكية القولونية والخميرة بالظروف الأفضل والأسهل غالباً لحدوث هذا. بالطبع، تتطلّب الكائنات الحية الأكثر تعقيداً تقنيةً أكثر تطوّراً للغاية (خارج نطاق

هذا الكتاب)، ولكنّ التقنية أعلاه تزوِّد بنظرة عامّة مقبولة عادةً. ومن وجهة نظر علمية، تستمرّ هذه التقنية بالتحسّن. في نهاية العقد الماضي، كان اختصاصيو الوراثة متحمّسين بشأن اكتشاف ومنابلة ما يُسمّى بالمُستنسَخات المُعدِية infectious clones أو "نُسَخ الحمض النووي المتمّم cDNA لجينومات فيروسية كاملة في بلازميدات بكتيريّة يكون فيها إمّا الحمض النووي نفسه أو الرنا المتنسَخ من الحمض النووي المتمّم في الزجاج مُعدِياً"[16].

وُصِف تضفير الجينات بأنه التقنية الفسيولوجية الأهمّ التي تمّ تطويرها في العقود القليلة الماضية. إنّ عملية عزل قطعة من الحمض النووي - متتالية - تحتوي على جين واحد سليم أو أكثر وإقحامها بطريقة وظيفية في كائن حي آخر، وأحياناً في كائن حي غير مرتبط، قد مكّنت الهندسة الوراثية من أن تعد بوعود مستقبلية كثيرة[17]. غالباً ما يُرى تضفير الجينات من قِبَل عامّة الناس غير الاختصاصيين كعلم منفصل ولكنه في الحقيقة مجرّد تقنية مستعملة من قِبَل العلماء لتحقيق نتائج معيّنة. يمكن أن تكون النتائج مفيدة على نحوٍ مدهش، ويمكن أيضاً أن تكون مثيرة جداً للجدل.

الحمض النووي المؤتلف والسياسة

يُعتبَر هذا الجدل مؤسفاً لأنّ قلّةً من الاكتشافات المشهورة استثارت افتراضاً وتوقّعاً كبيراً بشأن كلّ البقية أو ألقت بظلّ معتم من الشكّ بشأن مستقبل العديد من الاكتشافات الأخرى. في حملة العام 2004 الانتخابية الرئاسية، جعلت حملة كيري إدواردز أبحاث الخلايا الجذعية موضوع مناظرة قانونياً. ولكنّ الأمل الذي نوقشت فيه سبق إلى حدّ كبير ما نعرفه اليوم أو حتى نظنّ أننا نستطيع أن نعرفه بعد 20 سنة من الآن. إنّ المناظرة على هذا النحو تسبِّب تحريض الأطراف بعضها ضدّ بعض من أجل أسباب سياسية على حساب التقدّم العلمي، بغضّ النظر عن كيفية تعريف الأخير. للأسف، إنّ هذا النوع من المناظرة قد طارد دوماً الهندسة الوراثية، لأنّ المصطلحات نفسها التي نستخدمها لمناقشة هذا العلم غالباً ما تقود إلى الإرباك.

على سبيل المثال، تتشابه مصطلحات مثل "مُستنسَخ" وحتى "طفل أنبوب اختبار" في قدرتها على تضليل عامّة الناس في الوقت نفسه الذي تتصدّر فيه العناوين الرئيسية. يبدو أننا مضطرون إلى صياغة المناظرة بمصطلحات عالم جديد شجاع أو بلغة منذِرة جداً بشرّ إلى حدّ استحضار صور ذهنية لفرانكنشتاين. على سبيل المثال، وكما يشير بورك زرمان، فإنّ كلمة "مُستنسَخ" هي فعلياً مجرّد "مجموعة من النُسَخ

المتطابقة لموجود مفرد"[18]. ولكن، كما بيّنا في الفصل 1، تحوّل وسائل الإعلام الشعبية – الصحافة وهوليوود – الكلمة إلى قصة رعب كما في فيلم **جزيرة الدكتور موريو**، حيث المسوخ، نصف البشرية ونصف الحيوانية، تجول بحرّية. وفيلمٌ آخر هو **الصبيان من البرازيل**، حيث يُنتج العلم دزينات من النسخ الكربونية لأدولف هتلر. إذا كان الخوف لا ينفذ إليك، فإنّ الخيال العلمي سيفعل. وسيتذكّر القرّاء ممّن تجاوزوا الأربعين من العمر برنامجاً تلفزيونياً بدأ بحادثة رهيبة تركت وراءها رجلاً بالكاد حياً. ثمّ قال صوت آمر واثق لمعلّق، بدون تردُّد: "أيها السادة، بإمكاننا أن نعيد بناءه. لدينا التكنولوجيا". وهكذا وُلِد **رجل الستّة ملايين دولار**[19]. وسرعان ما تُبع بامرأة ذات كلفة مماثلة وكان الأمر كلّه مسلّياً للغاية. واليوم، لا يزال الأمر مسلّياً لعديدٍ من الناس ولكنه أيضاً حقيقة مخيفة لآخرين.

أرسل المُستنسَخات

يُقدِّم لنا الاستنساخ "ولداً شبيهاً بوالده"، كما يعبّر عن ذلك أحد العلماء[20]. كلّ هذا حسنٌ وجيّد عندما يكون الوالد هو الأب. ولكن عندما يكون الأب في أنبوب اختبار أو صحفة بتري، فإنّ المثل يبدأ في فقدان حياده. إنّ تطوّر كلمة استنساخ وسّع معناها من نبات مُنتَج لاتزاوجياً إلى كلّ الكائنات الحية المتوالدة لاتزاوجياً. هذه الفكرة العامة للإنتاج الجُمَلي لأيّ كائن حيّ عملياً هي في صميم المناظرة. فبالرغم من أنها تبشّر بأملٍ عظيم لمستقبل التحكّم بالأمراض أو حتى القضاء عليها (ناهيك عن إنقاذ الأنواع التي هي عند حافة الانقراض)[21]، إلا أنها مصدر قلق وخوف للعديدين المتسائلين "عند أيّ ثمن؟" وبالإضافة إلى ذلك، أنتج الحمض النووي المؤتلف كائنات حية ما كانت لتتواجد في الطبيعة بغير ذلك. هل كانت كلها غير مؤذية؟ جال ذلك السؤال في أذهان بعض العلماء.

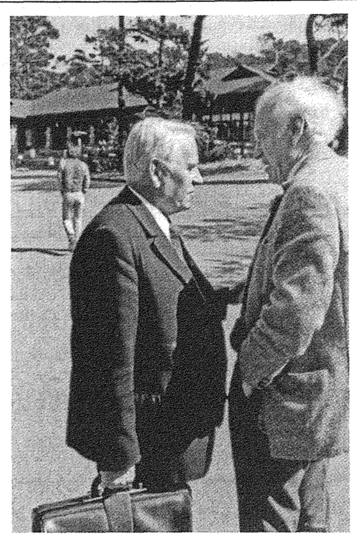
دع أشعّة الشمس تدخل: عصر أسيلومار

بدأت الجدالات الأخلاقية والأدبية تُفهَم بشكلٍ أفضل في أوائل العام 1970. سمِّه عصر برج الدلو، أو عصر فيتنام، أو عصر الاحتجاج. لعلّ تلك التسمية نشأت، كما أشار البعض، من ظاهرة الهبّي في أواخر ستينيات القرن الماضي[22]. مهما كان السبب، فإنّ المناظرة بشأن الحمض النووي المؤتلف ظهرت بين العلماء العاملين في هذا الحقل في أوائل سبعينيات القرن الماضي[23]. في العام 1973، بدا واضحاً أنّ

العلماء قد بدأوا يعيدون النظر في قراراتهم. واليوم، بالكاد تُطبَع صحيفة بدون قصة ما تمجِّد اكتشافاً جديداً (أو تحذِّر منه). تنطوي معظم الاكتشافات على إمكانات مدهشة لعلاج أمراض مستعصية. وفي حين أنّ بعض الاكتشافات لا تقدِّم فائدة فورية، إلا أنها قد تشير إلى فوائد عظيمة بعد بضع سنوات، أو حتى بضعة عقود. تُلقي معظم هذه المنابلة الوراثية بظلّها على ما توصّلنا إلى فهمه بشأن بيولوجيا الخلية[24]، ولكنّ الفكرة نفسها قد أفزعتِ العديدين، ربما لأنهم أساؤوا فهمها إلى حدّ كبير.

اشتملت بعض التجارب في أوائل سبعينيات القرن الماضي بلا شكّ على مواد خطِرة احتمالاً وأُجرِيت دون اعتبار لأيّ من بروتوكولات السلامة المطبّقة اليوم. هل كان مأموناً فقط جرف فُضالة التجارب أسفل العديد جداً من مغاسل المختبرات؟ في مؤتمر غوردون حول الأحماض النووية في العام 1973، قال العلماء أنه لا بدّ من الانتباه بدقّة إلى التقدّم السريع الحاصل في طرق تضفير الحمض النووي وما إذا كان بإمكانها أن تقود إلى إنتاج مواد خطِرة بيولوجياً (يمكنها ذلك). وبالفعل دعا بعض العلماء إلى مناقشة "الأخطار المحتملة المُتضمَّنة في صلب التكنولوجيا الجديدة"[25]. في أوائل سبعينيات القرن الماضي، طوّر بول بيرغ في جامعة ستانفورد تقنية مفيدة جداً وسهلة نوعاً ما لربط جزيئات الحمض النووي[26]. كان بيرغ، الذي لعب دوراً أساسياً في مؤتمر غوردون ذاك، قد اشتغل بجين معيّن، هو SV40، والإشريكية القولونية. انطوى الجين SV40 بالفعل على بعض الإمكانات الخطِرة المستحِثّة للأورام[27]. بصرف النظر عن إغرائها العلمي، فإنّ القانون الوطني لمكافحة السرطان في العام 1971 الذي وضعه الرئيس ريتشارد نيكسون وأقرّه الكونغرس الأميركي قد استحثّ أيضاً اهتماماً في هذه التجارب[28].

اشتغل عالِم آخر، يُدعَى روبرت بولاك، مع فريق عمل جيمس واطسون في مختبر كولد سبرنغ هاربر وكان يدرس أيضاً الجين SV40. رأى بولاك كيف يمكن لهذا الجين أن يسبّب أوراماً لدى حيوانات صغيرة (غير أنه لم يُعرَف عنه أنه سبّب السرطان لدى أيّ إنسان)[29]. ورأى الدكتور أندرو م. لويس أيضاً، الذي عمل في مختبرٍ آخر، خطر الاشتغال بالجين SV40. أقلقتهما تجارب الجين SV40 لبيرغ (كما أقلقت غيرهما) بسبب إمكانية إنتاج كائن حي يمكن أن ينقل فيروس ورم إلى البشر، مع خطر محتمَل أكبر إلى الأطفال[30]. مرة أخرى، من المهم أن نؤكّد على أنّ الإمكانية فقط – وليس الدليل الفعلي – كانت موجودة. ومع ذلك، فقد كانت إمكانية خطيرة.



العالمان يناقشان توصيات أسيلومار، مؤتمر أسيلومار 1975.
(من المكتبة الوطنية للطب، تاريخ المجموعة الطبية).

كان بولاك قلقاً للغاية لأنه علِم بشأن خطّة بيرغ لإقحام الحمض النووي للجين SV40 في فيروس معروف، هو عاثية الجراثيم اللاميّة، والسماح له بنقل الهجين SV40 إلـى الإشـريكية القولونيـة[31]. اتّصل بولاك ببيـرغ وأخبره بمخاوفه. كان بيرغ في البداية مرتبكاً ولكنه وعد بولاك بأن يفكّر بالأمر، وأخبره أنّ بإمكانه أن "يُشغِّل أو يُوقِف" الجينات ساعة يشاء، وبالتالي لا داعي للقلق.

بالطبع، لم يكن هناك حافزٌ خارجي لبيرغ للقيام بأيّ شيء. كان البحث رائداً، وجديداً جداً، ومنطوياً على إمكانات صناعية ضخمة (أي مالية)، ناهيك عن الإغراء والاعتبار العلمي الكبير. وكانت هناك أيضاً تلك الحرب القومية على السرطان (انظر أدناه) التي كان الكونغرس قد أعلنها لتوّه، مُخصِّصاً مبالغ ضخمة من المال للشيء

نفسه الذي كان بيرغ يقوم به. لم يكن بولاك وبيرغ العالِمَين الوحيدَين المشتغلَين على الجين SV40 أو على أيّ عددٍ من التجارب المماثلة. كانت إثارة المخاوف، خصوصاً بدون ضرورة، ستؤثّر ليس فقط في بيرغ أو بولاك، بل أيضاً في كلّ العلماء العاملين في الحقل. وبالفعل، عندما أُشيع أنه قد يكون هناك سببٌ لإيقاف البحث، لم يكن الجميع سعيداً[32].

بيل بوتومز، وشعر سيِّئ، وإرشادات أبحاث الحمض النووي

بحلول صيف 1974، كان لدى بيرغ الوقت الكافي للتفكير بما وراء المختبر وما يمكن لعملٍ كهذا أن يعني للجنس البشري. يبدو أنّ بولاك قد رأى الأخطار قبل الآخرين، أو ربما كان فقط أوّل من فكّر جدّياً بشأن ما كان يفعله هو والآخرون. بعد مؤتمر غوردون في العام 1973، عيّنت الأكاديمية الوطنية للعلوم لجنةً يرأسها بيرغ، الذي أرسل لاحقاً رسالةً إلى مجلة **ساينس** *Science*، مُوجِزاً توصيات اللجنة بشأن ما يجب وما لا يجب فعله في ما يتعلق بمنابلة الجينات. دعا بيرغ إلى تعليق اختياري على التجارب التي: (أ) يمكن أن تُقحِم سموماً بكتيريّة أو مقاومةً صادّة في سلالات أو متتاليات لا تحويها، أو (ب) تُنشئ جسوراً بين الحمض النووي من الفيروسات المولِّدة للأورام أو الفيروسات الحيوانية إلى بلازميدات بكتيريّة أو أيّ حمض نووي فيروسي آخر، أو (ج) تزن بمنتهى الدقّةً أية خطط لوصل الحمض النووي للبلازميد البكتيري الحيواني والحمض النووي الفيروسي البكتيري[33]. وبما أنّ الإشريكية القولونية، وهي بكتيرية شائعة موجودة في القولون، والجهاز البولي، والممرّات التنفسية العليا في البشر، كانت المضيف المطلوب للعديد من تهجينات الحمض النووي، فقد بدا من المنطقي أنه إذا أفلت أيّ منها، فبإمكانه أن يجد طريقه بسهولة في البشر، ومن ثمّ كانت الحاجة إلى التعليق[34].

لفتت هذه التوصيات أنظار الحكومة الفدرالية، ومدير معاهد الصحة الوطنية (NIH)، ما أدّى إلى تأسيس لجنة استشارية للإشراف على ثلاثة أنواع من تجارب الحمض النووي. ستقوم هذه اللجنة بما يلي: (1) مراقبة وتقييم الأخطار البيولوجية والبيئية المحتملة لأنواع جزيئات الحمض النووي المؤتلف المذكورة في توصيات بيرغ، و(2) تطوير إجراءات ستقلّل انتشار مثل هذه الجزيئات في البشر إلى الحدّ الأدنى، و(3) ابتكار إرشادات سلامة يجب أن تُتّبع من قِبَل كلّ أولئك العاملين بجزيئات حمض نووي مؤتلف خطِرة احتمالاً.

أصبحت النقطتان الثانية والثالثة حقيقةً واقعة مع تأسيس معاهد الصحة الوطنية للّجنة الاستشارية لبرنامج جزيء الحمض النووي المؤتلف (RAC اختصاراً) في العام 1975[35]. ستزوِّد اللجنة بإرشادات حول الإجراءات التي ستقلّل إلى الحدّ الأدنى انتشار جزيئات كتلك وإرشادات (ونصائح) لأولئك العاملين بحمض نووي مؤتلف خطِر احتمالاً. لم تُورِّط معاهد الصحة الوطنية نفسها في الإشراف على برنامج تقييم الأخطار. في النهاية، أجرت معاهد الصحة الوطنية بالفعل بضع تجارب على سلالات مُضعَفة من الإشريكية القولونية لنقل جينات فيروس الورم إلى مضيفات حيوانية.

حوت رسالة بيرغ توصيةً أخيرة بعقد مؤتمر دولي للعلماء العاملين في أبحاث الحمض النووي المؤتلف. أصبح ذلك المؤتمر كلمة مألوفة بين هؤلاء العلماء، الذين جاء العديد منهم إليه بشعرٍ سيِّئ، وسبلات خدِّية طويلة، وسراويل بيل بوتومز التي كانت رائجة في ذلك الحين. واليوم يُشار إلى المؤتمر بشكلٍ عام بالمكان الذي عُقِد فيه، في مركزٍ للمؤتمرات في باسيفيك غروف، في كاليفورنيا، في شهر شباط (فبراير) من العام 1975. يبقى هذا المؤتمر الحدث المحكّ في تطوير إجراءات السلامة في ما يتعلق بالمنابلة الوراثية: مؤتمر أسيلومار[36].

مؤتمر أسيلومار

جمع مؤتمر أسيلومار أعداداً كبيرة من العلماء الدوليين لمناقشة الحمض النووي المؤتلف. كان قد دُعِي بالفعل إلى تعليق الأبحاث المشتملة على مواد خطرة احتمالاً. يمكن إثبات صحة هذا التاريخ بإجراء بحثٍ بسيط على الإنترنت. حتى العام 1975، نُشِر سيلٌ منتظم من المقالات حول الهندسة الوراثية، مع حفنة فقط في أوائل الستينيات وزيادة ضئيلة مفاجئة في نهاية العقد نفسه. وفي أوائل السبعينيات، تضاعفت الأبحاث المنشورة مرتين وثلاث مرات مع مرور كلّ سنة. وفي العامين 1974 و1975، توقّف نشر الأبحاث بشكلٍ كامل. من الواضح أنّ شيئاً هاماً قد حدث. وبعد رسالة بيرغ والإرشادات التالية لمعاهد الصحة الوطنية، بدأ نشر الأبحاث من جديد[37]، وازداد منذ ذلك الحين بشكلٍ تصاعدي.

عرض مؤتمر أسيلومار عدداً من أهمّ العلماء، وكان بيرغ الرئيس بينهم. إنّ ما شكّل أبحاثاً خطِرة للبعض تمّ رفضه كلياً من قِبَل البعض الآخر. على سبيل المثال، قرأ روي كورتيس III (جامعة مركز ألاباما الطبي، بيرمنغهام) رسالة بيرغ في مجلة **ساينس** *Science* الداعية إلى التعليق وأنهى على الفور تجاربه التي استخدم فيها

الإشـريكية القولونية لصنع منظِّف أسـنان سـيعوق تسوُّسـها[38]. ولكنّ كورتيس قام بما هو أكثر من إنهاء تجاربه، حيث كتب رسالة مؤلّفة من 16 صفحة دون ترك سطر فارغ بين كلّ سطرين شرح فيها أسبابه وأرسلها عبر البريد إلى أكثر من ألف عالم. لا حاجة إلى القول أنّ رسـالته أثارت اهتماماً وجدلاً في أسـيلومار. جادل مايكل أوكسـمان أنه في حين أنّ أيّ عالِم قد يرغب في تحمُّل مخاطر معيّنة في تجاربه، إلا أنه لا يستطيع أن يطلب من الآخرين - من طلاب الدراسات العليا المساعدين، وأمناء السرّ، وعامّة النـاس غيـر المتورّطيـن وغير المطّلعين - أن يتحمّلوا هذه المخاطر أيضاً[39]. ولكن لم يتمّ أبداً توجيه أيّ اهتمام فعلي إلى مخاوفه.

طالـب بعـض العلمـاء بتدخُّل فدرالي، بينما قال آخرون إنّ المسـؤولية يجب أن تقع على عاتق كلّ عالِم وليس على عاتق الحكومة. قلق معظم العلماء من أنّ الأنظمة الحكومية ستقود إلى توقّف الأبحاث في مجالٍ معيّن وإلى تركيز مفرط في مجالات أخرى. وقلق عددٌ غير قليل من أنّ أموال المِنَح ستخصص لما يمكن أن يطلق عليه اسـم أبحاث مقبولة بينما الأبحاث القانونية ولكن الأقلّ قبولاً سـتحجب عنها أموال المنح . واعتبر البعض، مثل واطسون، أنّ العلماء غير قادرين على تنظيم أنفسهم لأنهم لن يوافقوا أبداً على أيّ شيء سيعوق عملهم[40].

أثبـت مؤتمـر أسـيلومار أنـه الحـدث الأكثـر صخبـاً فـي الأوسـاط العلمية. من المستحيل، في الحيِّز المخصّص هنا، أن أزوِّد القارئ بالمستوى الصحيح من الحيرة والترقُّب الذي أحاط بالتعليق والمؤتمر نفسه. بالعودة بأفكارهم إلى الماضي، يتساءل العديد من العلماء الشباب عمّا دعا إلى كلّ تلك الجلبة. ولكن في ذلك الوقت، كان العديد قلقاً (وحتى خائفاً) بشأن الأخطار الحيوية والأبحاث التي يمكن أن تكون لها نتائج مميتة احتمالاً. واليوم، لا ينظر معظم العلماء إلى هذه المخاوف كمُنذِرةٍ بخطر لأننا أصبحنا نعرف المزيد ونفهم العملية بشـكل أفضل بكثير. يأمل المرء أن يكونوا مُحقّين.

كلام ترويجي أو أذى؟

هل كانت إرشـادات معاهد الصحة الوطنية ضرورية، أو هل كانت مجرّد خداع من معقّدين (نيرد nerds) تورّطوا في حركة الاحتجاج على حرب فيتنام ولهذا أرادوا شيئاً يمكنهم أن يحتجّوا عليه هم أنفسهم؟ لا بدّ أنّ لذلك علاقة بالأمر، ولكن كانت ثمّة سـابقة بالفعل. بالإضافة إلى تلاعب بيرغ بالجين SV40 المميت احتمالاً، برزت

قضيّتا ستانفيلد روجرز ومارتن كلاين إلى حدّ كبير في هذه القصة[41]. فبالرغم من أنّ ويليام فرنش أندرسون، الذي عمل مع زملاء له في معاهد الصحة الوطنية في أوائل السبعينيات، قد مُدِح على أنه "أب المعالجة الجينية"، إلا أنّ روجرز وكلاين يمكن أن يُريا بسهولة على أنهما أوّل من شرعا بها (اصطدم أندرسون بصعوباته المخزية الخاصة عندما اتُّهم بتحرُّشه بطفلة في آب (أغسطس) من العام 2004). تجاوز روجرز الحدود كثيراً وبسرعة بممارسة المعالجة الجينية على طفل صغير يعاني من مرض عضال. وُبِّخ روجرز رسمياً (وبعد عشر سنوات، وُبِّخ كلاين أيضاً لأسباب مماثلة) من قِبَل نظرائه في العام 1971، وقُطِع تمويله بين عشية وضحاها تقريباً. عاد روجرز إلى تجاربه على الفيروسات النباتية لأنّ حقل المعالجة الجينية أُغلِق أمامه. هذه القضية تستحقّ الذكر لأنّ الكثير ممّا فعله روجرز يُمارَس اليوم. وحتى عندما وبّخوه، قال العديد من العلماء إنّ ما قام به روجرز سيأخذ في النهاية موقعاً غايةً في الأهمية. وقد فعل.

تمخّض مؤتمر أسيلومار عن إرشادات معاهد الصحة الوطنية، ولكنّ تلك الإرشادات لم تكن مُعينةً بسهولة[42]. قلّصت المسوّدة الأولى العديد من التجارب التي كانت تُجرَى في ذلك الوقت ولكنّ المسوّدات المستقبلية سمحت بها عندما فهم العلماء المزيد، أو على الأقلّ ظنّوا أنهم فعلوا. كان آخر شيء أراده معظم العلماء هو حظرٌ على أي حقل في الأبحاث الوراثية يمكن أن يُثبت أنه مُنوِّر أو نافع، حتى لو أثبتت النتائج الأولية أنها غير مُرضية أو حتى خطِرة احتمالاً[43]. ولكنّ مخاوفهم الخاصة اختُبِرت بشكلٍ ملموس بخوفٍ آخر: ردّ فعل عامّة الناس والمعلومات المضلّلة لوسائل الإعلام. طالب العلماء بطريقة العمل العدوانية المُتّبعة من قِبَل معاهد الصحة الوطنية لأنهم لم يريدوا "سيّدات بيوت ينظرن من وراء أكتافهن" في المختبرات[44].

وفي حين أنّ وسائل الإعلام والمؤلّفين غير العلماء (أمثالي) هم من وجب أن يُلام، إلا أنّ جانباً من اللوم وقع أيضاً على العلماء[45]. لقد كتبت المراسلة العلمية المحترمة جانيت ل. هوبسون في واحد من تقارير الحالة celebrated case report، مقالاً لمجلة **سميثسونيان** *Smithsonian Magazine* بعد أن قضت أكثر من 90 يوماً في مختبرٍ للحمض النووي المؤتلف[46]. كتبت هوبسون عن تجاربها، بما في ذلك الإزدراء الكامل تقريباً لإرشادات معاهد الصحة الوطنية الذي أظهره العلماء العاملون في المختبر. وبالإضافة إلى ذلك، أسقط العديد من أولئك العلماء من اعتبارهم احتمال وجود أي شيء خطِر على الإطلاق. وقد كان رئيس المختبر حتى موقِّعاً على توصيات

بيرغ التي استحثّت إرشادات معاهد الصحة الوطنية في الدرجة الأولى.

ومع ذلك، فإنّ الإرشادات لا تملك قوة القانون (كما أراد بولاك). في محادثاتي مع بعض العلماء، اكتشفتُ أنّ البعض منهم راضٍ تماماً بالإرشادات بينما اتّخذ البعض الآخر موقفاً متعجرفاً بشأنها[47]. في حالات كثيرة، يجادل العلماء أنّ الناس العاديين (غير الاختصاصيين) لا يفهمون ببساطة الحدود، أو التكنولوجيا، أو الطريقة التي يتمّ بها إجراء الاختبارات - هذا الأمر صحيح بلا ريب - كما أنهم سريعون أيضاً في الإشارة إلى أنّ لا أحد بعقله السليم سيقوم بأيّ شيء يعرِّض تمويله للخطر، ولهذا، فهم يمتثلون لروح قانون إرشادات معاهد الصحة الوطنية، وإن لم يكن دوماً لحرفيته. وعندما سألتُ عن تلك المختبرات حيث العمل جارٍ بتجارب خطِرة احتمالاً، أجاب معظمهم أنهم يتّخذون تدابير وقائية، ولكن ليس بكلّ طاقتهم. هل المكسب أكبر من الخطر المحتمَل؟

أنت "غيرُ المتوقَّع"

جادلت رسالة بيرغ والتوصيات التالية لها بأنّ القليل جداً يمكن أن يُتَوقّع بشأن سلوك الحمض النووي. على سبيل المثال، جادل بيرغ بأنّ الحمض النووي لا يمكن توقّعه في ما يتعلق بالتعبير عن نفسه في المضيف، وما إذا كانت هذه النتائج (متتاليات الحمض النووي المؤتلف) خطِرة على البشر، أو ما إذا كانت متتالية الحمض النووي الجديدة ستُنتج العناصر المرغوبة (أو غير المرغوبة) في المضيف الجديد[48]. إنّ ما استمرّ في حثّ الجدال كان تغييراً كاملاً ومفاجئاً تقريباً في الموقف من قِبَل معظم العلماء حول هذا الموضوع. في أوائل سبعينيات القرن الماضي، اتّفق العديد من العلماء مع بيرغ ووافقوا على التوصيات، بيد أننا نستطيع القول بكلّ تأكيد إنّ مستوى الموافقة تفاوت بشكلٍ كبير بين العلماء. على أية حال، وافق معظم العلماء على الإرشادات الناتجة. واليوم سيجادل معظم العلماء أنّ المخاوف لم يكن لها ما يبرّرها أو تبيّن منذ ذلك الحين أنها أقلّ خطورة ممّا ظُنّ في ما مضى. ومع ذلك، لا يزال هناك العديد من الأسئلة من دون أجوبة بشأن الحمض النووي، خصوصاً تطبيقاته المتعلقة بالتعديل الوراثي في النباتات والحيوانات (مع نتائج بشرية محتملة)، والتي لا يزال العلماء منقسمين بشأنها بالتساوي. ونظراً إلى أنّ فهم المناظرة بشكلٍ كامل يتطلّب مستوىً عالياً جداً من الخبرة العلمية، فمن المرجّح أنّ الناس العاديين (غير الاختصاصيين) سيُتركون خارج المناظرة كلياً، وفي

حال سُمِح لهم بالدخول فيها، فسيتمّ تجنُّبهم من قِبَل العلماء الذين يخشون أنهم سيبالغون في تقدير الأخطار والمخاطر المحتملة على حدّ سواء، وبالتالي سيهدّدون البحث الحقيقي.

توجيه الإرشادات: تنقيح النُسَخ المنقّحة

ساعدت مذكّرة فالكو في أيار (مايو) من العام 1975، ومؤتمر فالماوث الذي تلاها في حزيران (يونيو) من العام 1977، في بدء تنقيح الإرشادات، خصوصاً في ما يتعلق بالإشريكية القولونية والكيفية التي يجب أن تُستعمل بها في تجارب الحمض النووي المؤتلف المتنوّعة[49]. وفي العام 1979، حصل تنقيحان آخران نتج عنهما، بشكلٍ عام، الإرشادات المتّبعة اليوم. حدث تعديل جوهري في شكل الإرشادات التي نشأت عن مؤتمر أسيلومار وظهرت تلك الإرشادات بشكلها المعدَّل بعد المؤتمر بأربع سنوات. من الواضح أنه قد ظهر دليلٌ مقلِق أوردته مذكّرة فالكو حول الإشريكية القولونية وأدلّةٌ أخرى من مؤتمر فالماوث.

إنّ ما ضاعف القلق في السنوات الأخيرة هو أنّ الدليل لتخفيف القيود لم يستند إلى بيانات علمية واقعية بل إلى معقولية الدليل حتى تلك المرحلة. جادل البعض أنّ الضغط من العلماء لتخفيف قيود الإرشادات هو ما أحدث التغييرات، وليس ما كان مفهوماً في العام 1975 أو أية معلومات إضافية كانت ستستلزم تنقيحات العام 1979 ذات القيود الأخفّ. وبالفعل، عندما تمّ تفعيل التشريع الفدرالي (المُستحَثّ بشكلٍ أخصّ من قِبَل السناتور إدوارد كينيدي في العام 1975)، جاء الضغط من خارج الولايات المتحدة، تحديداً من بريطانيا العظمى. أُغرِقت معاهد الصحة الوطنية (وأيضاً مكتب السناتور كينيدي) بالرسائل البريدية (معظمها من المجتمع العلمي) التي عارضت الإرشادات على أنها مقيِّدة أكثر ممّا ينبغي[50]. وعلاوة على ذلك، عارضت الرسائل أيّ حظر على أيّ نوع من الأبحاث. وكما يعبّر عن ذلك كريمسكاي، فإنّ المعركة لم تكن فقط من أجل حرّية الاكتشاف العلمي، بل أيضاً من أجل إمكانات الاستثمار المالية الضخمة (كما سيُظهِر ذلك لاحقاً تأسيسُ شركات مثل جينتتك Genentic في سان فرانسيسكو في العام 1976)[51]. يكتب كريمسكاي: "رُبِحت المعركة من قِبَل العلماء، بغضّ النظر عن النتيجة"[52]. بالنظر إلى تضارب المصلحة الضمني، يمكننا القول إنه ليس خيراً مُطلَقاً.

المعالجة الجينية

بعد العام 1979، فإنّ ما أصبح يُعرَف بالمعالجة الجينية بدأ (أو استمرّ) جدّياً في كلّ موقع تقريباً وُجِدت فيه التسهيلات الأدنى[53]. إنّ الوعد بالسيطرة على المرض أو القضاء عليه عبر المعالجة الجينية (إزالة الجينات السيئة، أو إقحام الجينات الجيدة، أو كلا الأمرين) أحدث مستويات وافرة من التمويل. لم تكن الأبحاث الأولية مخيِّبة للآمال حيث الإمكانات لإيقاف، أو إعاقة أمراض مثل الهيموفيليا، وفقر الدم المنجلي، واللُّياف الكيسي، والنُّفاخ، أو السيطرة عليها بشكلٍ كامل تصاعدت مع كلّ اكتشاف جديد[54].

انطوت المعالجة الجينية على وعدٍ كهذا لأنها اتّبعت تقدُّماً منطقياً: عزل الجين الشاذ من مريض طبيعي، وإزالة الخلايا المعيوبة (مثلاً، لدى مريض يعاني من فقر الدم المنجلي)، وإقحام الخلايا الطبيعية، وإعادة الإدخال في جسم المريض. ولكنّ هذه العملية نفسها تثير مخاوف في ما يتعلق بالتعبير الجيني، والدقة، وخسارة الجينات البشرية[55]. إنّ المناقشة بشأن الحمض النووي المؤتلف وأخطاره المحتملة قد توقّفت[56]. لم تتوقّف المناظرة – ولا تزال قائمة حتى الآن – ولكنّ الإرشادات المنقّحة كان لها دورٌ كبير في إغلاق هذا الجزء من المناقشة. ومثل حرب الرئيس ليندون جونسون على الفقر، فإنّ حرب الرئيس ريتشارد نيكسون على السرطان لم تنجح، أو على الأقلّ لم تنجح بالنحو الذي تُوقِّع لها أساساً. حُقِّق الكثير من التقدّم، ولكنّ أبحاث السرطان، وفي حين أنها قد قطعت بكلّ تأكيد شوطاً كبيراً، إلا أنها لم تتقدّم في نهاية العقد بقدر ما رُجِي لها أساساً. لم يكن نقص التمويل هو السبب. تُرى، هل كان العلم؟

الكثير جداً من الأمل، والقليل جداً من المساعدة

في حين أنّ الكثير من الأمل مُعلّق على المعالجة الجينية، إلا أنّ النتائج الإيجابية حتى الآن قليلة جداً. لماذا؟ أحد الأسباب هو طبيعة أبحاث وتكنولوجيا الحمض النووي. فعلى سبيل المثال، ثبت أنّ وعدَ المعالجة الجينية للخلايا الجسدية (تصحيح العيوب الجينية في الخلايا الجسدية لمريض) غيرُ مرجّح لأن يمتدّ إلى ما وراء نطاقٍ ضيّق من العيوب الوراثية أحادية الأصل (أحادية السبب)[57]. الأسباب بسيطة ومعقّدة على حدّ سواء. إنّ توقّع الكيفية التي سيعمل بها الحمض النووي في مضيف جديد هو أكثر دقّة بقليل من توقّع الكيفية التي سيتقلّب بها نردٌ على طاولة لعب في لاس فيغاس. وسببٌ آخر هو طبيعة الأمراض البشرية المتنوّعة نفسها. على سبيل المثال،

ظُنّ في وقتٍ من الأوقات أنّ المعالجة الجينية تبشّر بمستقبل باهر لمعالجة ارتفاع ضغط الدم. إنّ الاستنتاج المنطقي لهذا لا يخلو من جدارة. جِد الجين الذي يسبّب ارتفاع ضغط الدم، واقطعه، واجدل مكانه جيناً لا يسبّب ارتفاع الضغط، وسيعود ضغط الدم إلى مستواه الطبيعي. أصبح مفهوماً الآن أنّ أمراضاً مثل ارتفاع ضغط الدم هي أمراضٌ متعدّدة العوامل، ما يعني أنّ هناك أكثر من سبب واحد لإصابة أيّ شخص بها. قد يكون هناك استعداد موروث لمرضٍ معيّن ولكنّ عوامل أخرى مثل الوزن، والنظام الغذائي غير الملائم، وقلّة ممارسة الرياضة، وهلمّ جرّاً هي هامة بنفس القدر إن لم يكن أكثر. إنّ تغيير الجين لن يغيّر السلوك.

عقبات في طريق النجاح

ليست العملية بهذه البساطة، أيضاً. لا يزال هناك العديد من العقبات بالرغم من كلّ التقدّم الكبير الذي تمّ تحقيقه. وكما عبّر عن ذلك أحد العلماء: "العلاجات هي جديدة تماماً. ليست هناك سابقة لها"[58]. بمصطلحات عملية، يعني هذا أنه بغضّ النظر عمّا قد يفعله عالِم في حيوان مخبري - مثلاً، جرذ أو فأر - إلا أنّ عمله لا يمكن أن يُنقَل ببساطة إلى إنسان ويُتوقّع له النجاح. والواقع أنّ الدليل المبكر يشير إلى نتيجة مقلقة: إنّ ما ساعد الفئران في السيطرة على الداء السكّري، مثلاً، قد يسبّب في الواقع شكلاً مميتاً من السرطان في البشر، بينما يساعد طيلة الوقت في السيطرة على السكّري[59]. يذكّر هذا بالملاحظة الساخرة لفرنسيس بايكون (1561-1626) بأنّ المرضى غالباً ما كانوا يُعالجون من أمراض فقط ليموتوا من العلاجات.

ثمّة أمراض أخرى لا تستجيب ببساطة كما يظنّ العلماء أنها يجب أن تفعل[60]. بعد ترسيخ إرشادات معاهد الصحة الوطنية، بدأ العلماء يرون كيف عملت الجينات في متتاليات معيّنة. بالطبع، وعلى مدى سنوات عديدة - بالتأكيد منذ عصر مندل على الأقلّ ومن خلال الملاحظة قبل ذلك - عرف العلماء أنّ سمات معيّنة انتقلت من جيلٍ إلى جيل وأنّ جينات معيّنة كانت مسؤولة عن تلك السمات. ولكنّ الذي لم يعرفوه هو أيّ الجينات كان مسؤولاً عن أيّ سمة؟ قاد هذا في تسعينيات القرن الماضي إلى دفعة كبيرة لتعيين كلّ الجينات البشرية وما تفعله. يُشار إلى هذا عادةً برسم خريطة الجينوم البشري (المناقشة بتفصيل أكبر في الفصل 6).

ظُنّ في البداية أنّ رسم خريطة كلّ الجينات البشرية البالغ عددها 100,000 إلى 150,000 جين سيستغرق العديد جداً من السنوات. ولكن بعد نحو عقد من الأبحاث،

اكتشف العلماء أنّ عدد الجينات البشرية ليس 150,000 جين ولا حتى 100,000 جين، بل فقط 25,000 جين تقريباً، وأنّ الخريطة يمكن أن تُنجَز في فترة زمنية أقصر بكثير ممّا كان متوقّعاً. بينما أكتب هذه الكلمات في بداية العام 2005، يعتقد معظم العلماء أنّ هذه العملية ستنتهي هذه السنة. إذاً، حالما نعرف ما يفعله كلّ جين وأين يقع على خريطة الجينوم البشري، ألا يصبح بإمكاننا أن نعالج كلّ مرض؟

سيبدو الأمر كذلك، ولكنّ قلّة من العلماء سيوافقون. تذكّر ما قلناه في الفصل 2 وتلك المتتاليات التي تمّت مناقشتها. رُسِمت خريطة لهذه المتتاليات بواسطة كمبيوترات قوية جداً ومعقّدة جداً حيث إنّ أي شخص تقريباً يمكن أن يعيّن متتالية من مجموعات العناصر A، وG، وC، وT، ويحدّد أين تقع وما تفعل بالبحث عنها في الإنترنت. ولكن بين كلّ تلك الشيفرات هناك متتاليات أخرى يشير إليها بعض العلماء بسقط الحمض النووي junk DNA. تُسمّى هذه المتتاليات بهذا الاسم لأنّ لا أحد يعرف ما تقوم به أو لماذا تظهر. يعترض بعض العلماء على تسميتها بالسقط ويبدو أنّ هناك سبباً وجيهاً لتفكيرهم على هذا النحو. فقبل 50 سنة فقط، لو نظر أيّ عالم إلى أية متتالية نعرفها اليوم لظنّ أنها سقط لأنّ العلماء حينها لم يعرفوا الغرض منها. إذاً، ربما يجدر بنا ألاّ نستعجل في تسمية شيء بالسقط فقط لأننا لم نميّزه بعد.

المعالجة الجينية: خطوتان إلى الأمام، وستّ خطوات إلى الخلف

ثمّ في العام 1999 كانت هناك قضية جيسي غيلسينغر الشهيرة التي أسفرت عن توقّف كامل لنوعٍ واحد على الأقلّ من المعالجة الجينية[61]. أصيب غيلسينغر بشكلٍ خفيف على نحوٍ غير مألوف بمرضٍ نادر ومميت غالباً في الكبد (ornithine transcarbamylase، أو OTC اختصاراً) تطلّب نظاماً غذائياً معقّداً. يمنع هذا المرض أو يعوق إزالة الأمونيا من الجسم. كان شقيقه الأصغر قد مات لتوّه من المرض ولكنّ بروتوكول المعالجة الجينية الجديدة قدَّم أملاً بالشفاء لجيسي، ولآخرين، أيضاً. ولكن، كان هناك خطأ صغير واحد: قتله العلاج بعد أقلّ من أربعة أيام. والأكثر من هذا أنه ليس مؤكّداً ما إذا كانت هذه هي الوفاة الأولى من معالجة جينية أو الوفاة الأولى فقط التي عرفنا بشأنها. القصة مأساوية، ومليئة بالغموض وحتى الشكّ لما يُحتمَل من سلوك الباحثين للطريق الأقصر (الأسهل والأرخص) نتيجة الضغط لإنزال علاج إلى السوق. أيّ شيء كان يمكن أن يكون أكثر إقناعاً من مساعدة شاب أراد أن ينقذ نفسه والآخرين، لو أنّ العلاج نجح فقط؟

شاملة الوسع (*Totipotent*) مقابل كثيرة الكنون (*Pluripotent*)

تباطأت الأبحاث المتعلقة بالعلاجات الجينية والخلايا الجذعية بسبب العملية نفسها. انظر مجدداً إلى الخطوات الأربع الموجزة أعلاه. تشتمل إحدى هذه الخطوات على تأسيس مكتبات للجينات (مكتبات جينومية). للقيام بذلك، يجب أن يكون لدى العلماء خلايا ليعملوا عليها، وهذه الخلايا مصدرها خلايا أخرى. أسمى العلماء نوعَي الخلايا هذين بالخلايا كثيرة الكنون والخلايا شاملة الوسع، وهنا يكمن معظم الجدل. بشكلٍ عام، الخلايا شاملة الوسع هي تلك التي لم تُعطَ إشارة جينية أو أمراً لتنمو إلى نوع معيّن من النسيج – القلب، أو المعدة، أو الكلية، أو ما شابه – بعد. وهي غير متمايزة لأنها تستطيع أن تكرّر نفسها أو تصبح شيئاً مختلفاً كلياً[62]. أمّا الخلايا كثيرة الكنون فهي الخلايا التي حصلت بالفعل على إشارة جينية أو أمر وبدأت العملية لتصبح نسيجاً نوعياً، وبالتالي، فإنّ خياراتها أقلّ. وهذا يعني أنها تصبح بالفعل نسيجاً قلبياً أو خلايا بطانية للمعدة. يمكن الحصول على الخلايا كثيرة الكنون من أيّ راشد، بينما لا يمكن الحصول على الخلايا شاملة الوسع إلا من الخلايا الجنينية؛ بتعبير آخر، من الأجنّة[63]. إذا فكّرت أنّ هذا سيثير المناظرة حول الإجهاض مرة أخرى ولكن من زاوية مختلفة قليلاً، فأنت مُحقّ.

يعتقد بعض العلماء أنّ أخذ الأجنّة من عيادات الخصوبة، حيث تلك الأجنّة مُدرجة في جدول الإزالة على أية حال، يجب أن يكون خياراً للأبحاث. ويظنّ البعض أن الحصول عليها من الحبل السرِّي هو بمثابة وسيلة آمنة وغير مثيرة للجدل لحصدها. ويشكّ البعض في نوعية حصاد الحبل السرِّي، بينما يقلق آخرون من أنّ كلتا المقاربتَين تشبه كثيراً عملية الإجهاض وستقود بعض النساء – بالنظر إلى المبالغ الضخمة من الأموال المتاحة لهذا النوع من الأبحاث – لأن يصبحن ما يُسمَّى بالمفاقس (مُذكِّرة بتلك في رواية **العالم الجديد الشجاع**) لهذه الغاية وحدها[64].

ولكنّ الأمر ينطوي على أكثر من ذلك. لا يزال العلماء بحاجة إلى معرفة المزيد عن الطريقة التي تتخصّص بها الخلايا أو إلى معرفة كيف تصبح هذه الخلايا أنسجة الجسم المتنوّعة. في المناقشة الأولى لتنقيحات إرشادات معاهد الصحة الوطنية، أُشير إلى عدم حدوث تغيُّر كبير في القاعدة المعرفية التي قادت إلى تلك التنقيحات من العام 1975 إلى العام 1979. لا يزال العلماء يجهلون لماذا تصبح خلية ما نسيجاً قلبياً وخلية أخرى نسيجاً بطانياً للمعدة أو تنمو لتصبح كلية. ما الذي يحدث عندما تصبح

الخلايا التي يُفترَض بها أن تُرمِّم القلب خلايا كبدية على نحوٍ مفاجئ وغامض أو الأسوأ من ذلك عندما تتحوّل إلى شكلٍ ما من السرطان؟ وكما عبّر عن ذلك أحد العلماء: "بالرغم من أنّ المهندسين الوراثيين يستطيعون أن يقطعوا ويضفروا جزيئات الحمض النووي بدقة الزوج القاعدي في أنبوب الاختبار، إلا أنه عندما يتمّ إقحام جزيء الحمض النووي المعدّل في جينوم كائن حي، فإنّ المدى الكامل لتأثيراته في وظيفة ذلك الكائن الحي لا يمكن أن يُعرَف"[65].

أحد أسباب ذلك هو ما اكتشفه ماكلينتوك بشأن الجينات القافزة (المناقشة في الفصل 2). اكتشف مشروع الجينوم البشري أنّ أقلّ من 2 بالمائة من الثلاثة مليارات قاعدة في الجينوم البشري تُرمِّز الجينات. ونحو 50 بالمائة منها مؤلّفة من عناصر وراثية نشأت من مصادر أخرى غير بشرية، يتحرّك نوعٌ منها، أو يقفز، من مكان إلى مكان في الجين[66]. ولكن حتى الآن، ليست هناك طريقة لتتبُّع هذه العناصر غير البشرية.

ثمّ هناك مشكلة رفض البدن للأجسام الغريبة (rejection)[67]. حدث تقدُّم سريع في عمليات زرع الأعضاء ولكن ليس بدون الكثير جداً من العقاقير لتقليل إمكانية رفض الجسم للعضو. كما أنّ مشكلة الرفض تلوح أيضاً بشكلٍ مرعب في وضع الخلايا من مضيف إلى آخر، ولا نزال بعيدين جداً عن تطوير عقاقيرٍ لمعالجة مشكلة الرفض المختلفة هذه. وأخيراً، اكتشفنا الآن أنّ بعض الكائنات الحية هي، بدرجات متفاوتة، مُقاوِمةٌ ببساطة لأيّ استنساخ بغضّ النظر عن نوعه[68].

هناك ذهبٌ في تلك المُستنسَخات!

نقصُ المعرفة هذا لم يفعل أيّ شيء لإبطاء نموّ الصناعات القائمة على تقنيات الهندسة الوراثية. كانت شركة جينتك التي تأسّست في العام 1976 الأولى في استثمار أبحاث الهرمونات في منطقة سان فرانسيسكو. أثبتت الشركة نجاحها على نطاق واسع في فترة زمنية قصيرة بجمعها لأكثر من نصف مليار دولار قبل أن تُنتج حتى أيّ مُنتَج[69]. وتُبِعت هذه بشركة بيوجين Biogen، وهي شركة ركّزت على الإنترفيرون interferon لأبحاث السرطان. أُسِّست هذه الشركة بواسطة تشارلز ويزمان (جامعة زيوريخ) ووالتر غيلبيرت (جامعة هارفارد)[70]. باع الاثنان 16 بالمائة من الشركة في العام 1979 لشركة شيرينغ بلوغ Schering-Plough وأصبحت شركة بيوتك ليميتد Biotech Ltd الناتجة أوّل شركة موجّهة لبحوث الحمض النووي تربط نفسها بشركة متعددة الجنسيات صانعة وموزِّعة للأدوية. وتُبِعت هذه في ثمانينيات القرن

الماضي بما أشار إليه البعض باندفاع ذهبي للشركات، لا يختلف عن ترسُّخ سيليكون فالي (المنطقة الجنوبية من منطقة خليج سان فرانسيسكو في كاليفورنيا) في صناعة الكمبيوتر. ونشأت بعد ذلك شركات مثل سيتوس Cetus، وجينكس Genex، ومعهد علم الوراثة Genetics Institute، ومركز والتهام للأبحاث التعاونية Collaborative Research of Waltham في ماساتشوستس، ومختبرات بيثيسدا للأبحاث Bethesda Research Laboratories في واشنطن. وفي أواسط ثمانينيات القرن الماضي كانت هناك أكثر من 150 شركة صغيرة في الولايات المتحدة وحدها تعمل في مجال الهندسة الوراثية و/ أو التكنولوجيا الحيوية المتطوّرة"[71]. بإمكان كلّ هذه الشركات أن تدّعي صلةً ما بعلماء حائزين على جائزة نوبل (مثل ديفيد بالتيمور، الذي ثبت أنّ عمله المبكر مع بيرغ كان محورياً في ترسيخ إرشادات معاهد الصحة الوطنية) أو مع نجوم آخرين في علم الوراثة.

المناظرات الأخلاقية

قاد هذا، من جهة، إلى النموّ السريع في هذا الحقل ولعب دوراً كبيراً في دفع عجلة الأبحاث إلى الأمام في مجال هامّ. ومن جهة أخرى، أثار أسئلة أخلاقية جدِّية بشأن الصلة بين العمل الأكاديمي والبحث والعمل الموجَّه بالشركات الكبرى (وحاملي الأسهم) الذين يملكونها. أثار البعض السؤال حول ما إذا كان بإمكان هؤلاء العلماء أن يواصلوا الأبحاث غير معُوقِين بالضغط للنجاح، في جامعاتهم وشركاتهم على حدّ سواء.

لا شكّ أنه ما من حادثة أخرى في الهندسة الوراثية أحدثت كمّاً هائلاً من الجدل في الوقت نفسه الذي فتحت فيه سبلاً جديدة للأبحاث كتلك التي حصلت في 25 تموز (يوليو) من العام 1978 في مستشفىً بريطاني. أصبحت لويس براون، التي بلغ وزنها عند الولادة 2.6 كلغ، أوّل طفلة أنبوب اختبار في العالم[72]. وبالرغم من أنّ ذكرى ميلادها الخامسة والعشرين قد غطّتها بضعة تقارير إخبارية، إلا أنّ نجمها أفل منذ ذلك الحين ببروز النعجة دوللي والهرّة CC (انظر الفصل 5). ظهرت قصة براون في وسائل الإعلام مُحاطةً بكثير من الجدل وحتى ببعض الرعب. ولكنّ الموقف اللامبالي (que sera sera) الذي ننظر به الآن إلى ولادتها يؤكِّد بيتَ الشعر الشهير ذاك لألكسندر بوب بأنّ الوقت في النهاية سيجعلنا "نتحمّل، ثم نداعب، ثم نعانق" حتى أكبر المشاكل بغضّ النظر عن النقيصة المحتملة. وفي حين أنّ العديد لا يزال

ينظر إلى الاستنساخ البشري على أنه لا يعدو كونه شيئاً مرعباً، إلا أنّ الوقت قد يجعل العديدين يرونه كعِلم رتيب على المدى الطويل[73]. ومع ذلك، فإنّ المناظرات بشأن الاستنساخ قد أثارت أسئلة أخلاقية جدّية تبقى بلا أجوبة.

لا يزال هناك الكثير من الإرباك في ما يتعلق بما تفعله الحكومة الفدرالية بشأن أبحاث الخلايا الجذعية والمعالجة الجينية بشكلٍ عام. خلال الانتخابات الرئاسية في العام 2004، حاول البعض أن يحقّق ربحاً سياسياً بمقارنة موقف الرئيس جورج و. بوش بذاك لخصمه جون كيري. ولكنّ موقف بوش كان فعلياً أوسع من ذاك لسلفه، بيل كلينتون[74]. فخلال حكم الرئيس كلينتون، سُمِح بإجراء الأبحاث ولكن حُظِّر على أيّ مختبر يتلقّى تمويلاً فدرالياً أن يستخدم ذلك المال لمتابعة أبحاث الخلايا الجذعية. أما خلال حكم الرئيس بوش، فقد سُمِح باستخدام الأموال لأبحاث الخلايا الجذعية بشرط أن يكون العمل على خلايا موجودة بالفعل، وليس على خلايا جديدة[75].

إنّ المناقشة بشأن الهندسة الوراثية لم تقتصر على العلم وحده، أيضاً. فعلى مدى عقدين الآن، تدفّق فيضٌ من الكتب في مواضيع الفلسفة واللاهوت في محاولة منها لأن تُعيِّن على الأقلّ القضايا الأخلاقية والمآزق الدينية التي أثارتها المنابلة الوراثية[76]. ليست هذه بمناظرة سهلة؛ فمن جهة، ستوافق الغالبية على أنّ لا أحد يريد أن يستنسخ البشر، ليس فقط لأنّ الأمر يبدو شاذاً وسريالياً، بل أيضاً لأننا لا نريد المخاطرة بجعل الاستنساخ متاحاً فقط لأصحاب المليارات، أو المخاطرة بإنتاج مئة نسخة من هتلر. نجد أنفسنا فجأة مُواجَهين بأسئلة أخلاقية جدّية تُذهل العقل بسيناريوهات واقعية لا تُرى إلا في أفلام مثل *Multiplicity* و*Blade Runner*[77]. ومن جهة أخرى، كم سيكون من السهل فقط أن نحرم الآباء والأمهات الجدد الذين فقدوا لتوّهم طفلهم الوحيد فرصةَ استعادته من خلال عملية الاستنساخ؟ إذا لم يكن كلّ هذا كافياً، ألقِ بضعة محامين في الوسط وسترتفع المناقشة فجأة إلى أعالٍ جديدة (أو تهبط إلى أعماق جديدة، اعتماداً على وجهة نظر المرء)[78].

وفقاً لأحد الناقدين، فإنّ علم التقنية الحديثة قد نشر الكثير من الضعف والتشوّه عبر الجراحة المواليدية بقدر ما يدّعي أنه قد أفاد. اتّحدت السياسة الاجتماعية مع النجاحات الجراحية المواليدية لتجعل ذرّية ما يمكن أن يُسمّى بالمخلوقات المثيرة للشفقة ممكنة[79]. يُرعَب آخرون من فكرة تأييد التدخّل في قرارات إنجاب الأولاد أو القرارات الأخرى التي هي ثمرة أبحاث الوراثة[80].

أسئلة أكثر من الأجوبة

هل هناك المزيد؟ المزيد جداً. إنّ ما تمّت تغطيته هنا هو فقط غيض من فيض[81]. على سبيل المثال، لم يتمّ التوصّل إلى حلّ في ما يتعلق بريبورتاج التأمين بعد أن يخضع أحدهم لمعالجة جينية أو لتقصٍّ جيني لمرض معيّن[82]. جادل البعض بأنّ أصحاب العمل لديهم الحقّ في أن يعرفوا ما إذا كان موظّفٌ معيّن يحمل جيناً لمرض عضال، وما إذا كان ذلك الموظّف نفسه يحمل الجين أو سيُنجب أولاداً سيحملون الجين نفسه وسيشكّلون ضغطاً على ادّعاءات التأمين للشركة. لم يُسهِّل الأمور أنّ دقّة التقصّي الجيني لا تزال موضع جدل كبيراً.

أُنجِز بعض العمل المثير جداً للاهتمام في مجالات أخرى، كما في استعمال الحمض النووي، على سبيل المثال، لتأمُّل صحة شخصيات تاريخية أو للقبض على المجرمين (انظر الفصل 8 من أجل مزيد من التفاصيل حول موضوع القبض على المجرمين)[83]. لا يمكننا أن نُسقِط من الاعتبار قيمة معرفة واسمات معيّنة لمرض فقر الدم المنجلي، أو التلاسيمية (فقر الدم البحري)، أو سرطان الثدي (BCRA-1). يتمّ حالياً إجراء أبحاث إيجابية جداً في محاولة "لتعليم الجسم أن يقتل السرطان"[84]. هل يُعقَل أن يكون هناك أيّ جدل جدّي ضدّ أيّ شيء يبدو رائعاً إلى هذا الحدّ؟

نعم، الكثير منه في الواقع. هل ستكون المنابلة الوراثية متوفّرة لكلّ شخص أو للموسرين فقط والمحظوظين؟[85] في حين أنّ ورود المعالجة الجينية المشتملة على الخلايا الجسدية هو موضوع مثير للجدل، إلا أنّ ما يبدو غير قابل للجدل هو معالجة الخلايا الجنسية (أو تصحيح العيب الوراثي في الخلايا الجنسية، أو التناسلية، لمريض لمنع العيب نفسه في ذرّيته)[86]. وبما أنّ الخلايا الجنسية في الجينوم البشري تؤلِّف نسيجاً مستقلاً عن بقية الجسم، فإنّ الكثيرين يعتقدون أنّ التلاعب بهذه الخلايا ليس مقبولاً، على الأقلّ في البشر[87]. إنّ معالجة الخلايا الجنسية مستمرّة في النباتات والحيوانات، ولكن ثمّة مخاوف محسوسة بشأن الضغط لمنابلة الخلايا الجنسية في البشر. على سبيل المثال، يشير ما يُسمّى بالأطفال المصمَّمين designer babies إلى هذه الإمكانية الفريدة، لأنه إذا كان من الممكن ضفر جينات كتلك للذكاء والجمال في الجينات، فهل ستكون الأجيال اللاحقة قادرة على رفض الفرصة لتصميم أطفال مثاليين؟ يقلق آخرون من أننا قد نتنزع مشاعر إيثارية معيّنة للمضطهدين والبائسين. وأخيراً، جذبت المتاجرة بالمعالجة الجينية نقّاداً عديدين ومختلفين[88].

هل المُستنسَخات البشرية ممكنة؟ تبدو مرجّحة، إذا صدّق المرء الطبيب الإيطالي سيفرينو أنتينوري الذي أعلن في العام 2001 أنه سيُنشئ أوّل إنسان مُستنسَخ[89]. ليس الوحيد الذي أعلن ذلك. فقبل أنتينوري وعد الطبيب ريتشارد سِيد باستنساخ كائنات بشرية. وعَد سِيد بأنه إذا لم يستطع أن يقوم بما اعتزمه في الولايات المتحدة، عارفاً أنّ قانون الولايات المتحدة سيمنعه على الأرجح، فسيذهب إلى بلد سيجيز له ذلك. دقّ إعلانه الكثير من نواقيس الخطر واستحثّ حتى مشروع قانون في الكونغرس (لم يتمّ إقراره أبداً). أطلقت دونا شلالا، وزيرة الصحة الأميركية في عهد الرئيس كلينتون، على سِيد لقب "عالِم مجنون"[90].

الاستنساخ البشري: الكثير جداً من شخصية "ميني مي" (*Mini-Me*)

هل سيُسفر الاستنساخ البشري، كما جادل البعض، عن مزارع مُستنسَخات بشرية من رجال وفئران بلا رؤوس؟[91] قد يسخر البعض بأنّ هذا الهراء هو هستيريا مبعوثي الشؤم. ومع ذلك، فإنّ الدراية التقنية العلمية تجعل مثل هذه السيناريوهات أكثر معقولية وأكثر احتمالاً للحدوث مع كلّ اكتشاف جديد. بالطبع، يجب ألاّ يُجرَف المرء إلى أقصى حدود الحماسة وينسب إلى الاستنساخ ما لا يستطيع الاستنساخ أبداً أن يفعله. على سبيل المثال، إذا كان طفلٌ سيموت، هل بإمكان والديه أن يحتفظا بالحمض النووي خاصته لإحياء الميت؟ لا، أو نعم مع قيد. قد لا يبدو المُستنسَخ الناتج مثل الفقيد بالضبط، وبالطبع سيؤدّي أيّ تغيير في البيئة إلى تغيير سلوكه وشخصيته. وحتى التوائم المتطابقة، وبغضّ النظر عن طول الفترة الزمنية التي ارتدوا فيها ثياباً متماثلة، يطوّرون شخصيات مختلفة. تشير الشائعات، غير المُثبَتة بعد، إلى أنّ الأغنياء قد موّلوا شركات خاصة لتجميد الحمض النووي لاستعمالهم الخاص عند اللزوم[92]. ومع ذلك، فإنّ مجرّد وجود احتمال ضعيف بأنّ أحدهم يريد أن يفعل ذلك يُذهل العقل ويشوّش إرادة البعض. ولا يُسهِّل الأمور أنّ بعض الكتاب يحاولون طمأنتنا بأنّ البشر سيستمرّون في الحفاظ على المجتمع "لبعض الوقت"، كما لو كانوا يقولون، "ليس للأبد"[93].

إنّ الاستنساخ، على الأقلّ في المملكة النباتية، قائمٌ، بل ومزدهرٌ أيضاً[94]. وإنتاج البذور المعدّلة وراثياً سواء للأزهار أو النباتات الصالحة للأكل متواصلٌ وبسرعة، ولكن، ليس بدون جدل، كما سنرى في الفصل التالي.

من غير المرجّح أيضاً أن تتباطأ الأبحاث، مع إقرار مبادرة كاليفورنيا بتخصيص 3

مليارات دولار (300 مليون دولار في السنة) لأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية. لم يؤدِّ هذا فقط إلى اهتمام كبير في الولايات الأخرى التي يعمل فيها الآن علماء الوراثة، بل أيضاً إلى ذعر[95]. يخشى البعض أنّ كاليفورنيا لن تحصل فقط على كلّ ما هو أفضل، بل أيضاً على كلّ الباحثين المهتمّين بهذا النوع من الأبحاث. علينا أن ننتظر لنرى ما إذا كان هذا سيحدث فعلاً أم لا. ولكنّ ما يعنيه هذا في الوقت الحاضر هو أنّ أبحاث الخلايا الجذعية ستبقى قائمة طالما أنّ التمويل قائم. إلى أين سيقودنا كلّ هذا؟ إذا كنا نستطيع أن نستنسخ البشر، فما المانع من استنساخ العباقرة العظام، موفوري الصحة لإنتاج سلالة خارقة، أو بشر متطابقين وراثياً من أجل الدراسة، أو التحكّم بجنس الأطفال، أو تخزين الأعضاء لاستعمالها في المستقبل؟[96] تُثار هذه القضايا باستمرار من حين إلى آخر بدعم متساوٍ تقريباً من الطرفَين المؤيّد والمعارض على حدّ سواء.

إنّ توفُّر المال لتمويل الهندسة الوراثية ليس موضوع النقاش الوحيد، أيضاً. يخشى البعض أنّ المال يمكن أيضاً أن يحثّ الأفراد. افترض أنّ بإمكان امرأة ما أن تبيع جنيناً بعشرة آلاف أو حتى عشرين ألف دولار؟ وبافتراض أنّ هذه الأجنّة ستؤخَذ فقط بعد نصف الأوان الطبيعي للمخاض، فإنّ هذا سيُعزّز بعض المداخيل بنحوٍ سخيّ. ألن يشجّع هذا البعض بشكلٍ خاطئ على سلوك هذه الطريق البغيضة؟ أو افترض وجود سيناريو آخر مختلف عن هذا السيناريو البشع، يتمّ فيه الاستنساخ من أجل إنتاج خلايا، أو أنسجة، أو حتى أعضاء[97]. وفي حين أنّ المرء يأمل أنّ هذا التحوُّل في الأحداث لن يحصل أبداً، إلا أنّ ورود الاستنساخ جعله ممكناً. للأسف، إنّ تاريخنا البشري يشير إلى أننا قد سلكنا الطريق الأدنى بالرغم من توفّر أخرى أعلى. بالنسبة إلى البعض، فإنّ المناظرة بأكملها تذكِّر كثيراً بجوزيف مينغيل، طبيب معسكر الاعتقال والعالِم المجنون الذي تسبّب خلال حكم هتلر بألم عظيم ومعاناة من خلال تجاربه المزعومة[98].

وأخيراً، لم يوجِّه أيّ ممّا سبق الاهتمامَ للمخاوف التي أكثر ما تجول في أذهان العديد منا بعد اعتداءات 11 أيلول (سبتمبر) 2001 الإرهابية: الحرب الكيميائية الحيوية. هل يمكن أن يستعمل الإرهابيون بعضاً من هذه التكنولوجيا لتدمير الأرض؟ الإجابة هي نعم، بكلّ تأكيد، إذا وقعت هذه التكنولوجيا في الأيدي الخطأ.

من نواحٍ عديدة، فإنّ المخاوف، والتوقعات، والوعود التي نشأت عن مؤتمر أسيلومار قد تحقّقت جميعها[99]. لقد تعلّمنا الكثير ولكننا أيضاً أرهقنا ثقافتنا بالكثير

جداً. وكما هو الحال غالباً في أيّ اكتشاف علمي، فإنّ التكنولوجيا قد تخطّت الأخلاق، وربما حتى تجاهلتها. يجادل الكثير من الناس، مثل الشاعر ثيودور روسزاك، بأنّ للعلم وشهوته العمياء للمعرفة تأثيرات أكّالة على الثقافة. وجادل آخرون، مثل ليون كاس، بأننا "قد دفعنا بعض الأثمان الباهظة للفتح التكنولوجي للطبيعة، ولكن لا شيء من هذه الأثمان هو باهظٌ بقدر التكاليف الفكرية والروحية لرؤية الطبيعة كمجرّد شيء مادّي يُستخدَم للمنابلة، والاستثمار، والتحوّل... إذا أصبحنا نرى أنفسنا كلحم، فسنصبح لحماً بالفعل"[100]. إنّ المناظرة اليوم تُقسَم بالتساوي بين أولئك الذين يعتقدون أننا قد أصبحنا ذلك اللحم وأولئك الذين لا يزالون يعتقدون أننا نملك القدرة لنكون أسياداً عليه.

4

أغذية معدَّلة وراثياً أو أسمدة صناعية (Miracle-gro)؟

التطبيقات الزراعية للهندسة الوراثية

مع مجيء الهندسة الوراثية منذ العام 1971، حقّق علماء الوراثة اكتشافات علمية حاسمة في ما يتعلق بالنباتات وإنتاجها. فبتعديل أغذية معيّنة (غالباً ما يُشار إليها بالأغذية المعدّلة وراثياً، أو GMs)، يستطيع العلماء أن يسرِّعوا، أو يُبطِّئوا، أو يجعلوا أنواعاً مختلفة من الأغذية مقاوِمةً لأمراض أو درجات حرارة معيّنة، ومن هذه الأغذية نذكر الخبز، واللبن، والأجبان، على سبيل المثال، لا الحصر[1]. وفي حين أنّ أغذية كهذه موجودة منذ مئات السنين، إلا أنّ طريقة منابلتنا لها اليوم تزوّد بإنتاج غذائي أكبر، واستعمال أفضل للأراضي الصالحة للزراعة، وحراثة أراضٍ ربما لم تُستعمَل أبداً للزراعة من قبل، وأغذية وافرة (في العدد والنوع على حدّ سواء) لاستهلاك العالم. كما أنّ طريقة المنابلة هذه كانت، مثل كلّ طريقة أخرى تمّت دراستها حتى الآن في هذا الكتاب، مصدراً للجدل. وما يعقّد الأمور أكثر أنّ الخيال العلمي يصبح علماً أكثر منه خيالاً. فحتى فكرة تحوّل الحشرات المحفوظة داخل الكهرمان إلى ديناصورات (كما شوهِد في أفلام **الحديقة الجوراسية**) لديها الآن بعض المصداقية[2]. يجب ألاّ يثير هذا دهشتنا، إذا أخذنا في الاعتبار الطريقة التي ينظر بها بعض الناس إلى قدرة العلماء. وفقاً لأحد المدراء التنفيذيين لشركة أغذية معدّلة وراثياً، فإنّ "الأمر سينجح بالطبع. أعطِ العالِم ما يكفي من الوقت والمال وبإمكانه أن يفعل أيّ شيء"[3]. (إنّ

السؤال حول ما إذا كان ينبغي للعالِم أن يفعل ذلك أم لا معلّقٌ للوقت الحالي).

إنّ جزءاً من الجدال القائم يتعلق بحقيقة أننا نغيّر الطعام - حتى التركيب نفسه للنباتات - أكثر ممّا يتعلق بأيّ شيء آخر. سيتسامح الناس بأشياء كثيرة ولكنّ معظمهم لن يتسامح بمسألة التلاعب بطعامه. جادل أحد الباحثين بأنّ "الهندسة الوراثية لطعامنا تمثّل التحوّل الأكثر جذريةً في نظامنا الغذائي منذ اختراع الزراعة قبل 10,000 سنة"[4]. تذكّر أننا قبل 15 سنة فقط عانينا من قلق قومي بشأن مادة تُسمّى ألار alar تُضاف إلى التفاح. أتاحت هذه المادة للتفاح أن ينضج ببطء أكثر، ويحتفظ بلونه لمدّة أطول، وقلّلت من أعداد التفاح المتعفّن الوارد إلى السوق. ومع ذلك، بسبب تمييز ألار كمادة مسرطِنة محتملة (عامل مسبِّب للسرطان) في الطعام، فقد أعطاها كلّ من هبّ ودبّ أهميةً أكثر ممّا تستحق. من أجل مساواة الكمية التي تسبِّب السرطان في الفئران بتلك في إنسان، يجب أن يأكل ذلك الفرد، يومياً وعلى مدى سبعين عاماً، 750 تفاحة معالَجة بالألار.

تزوّد ألار، إحدى أقلّ المواد ضرراً في هذا الجدال، بستارة خلفية لطيفة لهذه المناقشة لأنها تركّز الانتباه على الحاجة إلى القلق والحاجة إلى المنظور على حدّ سواء. بالطبع، تتمحور معظم المناظرة حول ما يؤلّف منظوراً ملائماً. إذا كانت وجهة نظرك أنّ أيّ مقدار من المواد المسبّبة للسرطان (أو أية عوامل سمّية أخرى) في الأغذية هو غير ملائم، فإنّ المناظرة منتهية ولا ينبغي أن تأكل قضمة أخرى من الطعام ثانيةً أبداً. وإذا كانت وجهة نظرك أنّ لا مقدار من هذه المواد هو أكثر ممّا ينبغي طالما أنه يحمي الوظائف، ويحمي المزارعين، ويحقّق ربحاً، فإنّ المناظرة منتهية أيضاً ولا حاجة بك لأن تقرأ المزيد. من ناحية أخرى، إذا كنت لم تقرّر بعد ما هو الملائم، فربما سيُلقي هذا الفصل بعض الضوء على الموضوع.

من المؤكّد أنّ الناس قد دأبوا على التلاعب بالطعام منذ آلاف السنين[5]. زرع المزارعون المحاصيل على نحوٍ متعاقب وأخذوا فروعاً جديدة (براعم) من نبات ما وطعّموها نباتاً آخر، آملين أن يحصلوا على نبات أقوى وأكثر إثماراً. لا يمكن لشيء أن يكون أبعد عن الجدل من هذا. ولكنّ ما أثار الكثير من الجدل هو النقطة التي بدأ العلماء عندها يغيّرون التركيب الداخلي للأغذية - النباتات والبذور - ويضعونها في أيدي المزارعين لاستخدامها. وفي حين أنّ التكنولوجيا الحيوية الجديدة، كما اصطُلِح على تسميتها، هي بالكاد في مرحلة المراهقة، إلا أنها مثل المراهقين قد

استحثّت بالفعل مناظرة حامية حول حقن هرمونات مهندسة وراثياً في الأبقار الحلوب لزيادة إنتاجها من الحليب. وقد أدّى هذا إلى قيام بعض متاجر البقالة الأميركية بحظر الحليب من تلك الأبقار، وأحدث جدلاً حول البذور المعدّلة وراثياً، ولكنه أنتج أرباحاً ضخمة لشركات غذائية عملاقة. كانت التكنولوجيا الحيوية الجديدة نعمةً أيضاً للمزارعين الذين ينفقون ملايين الدولارات على مواد كيميائية محاولين دفع الأمراض، أو الذين رفعوا دعاوى قضائية بقيمة مليون دولار بسبب المحاصيل التي خسروها بسبب الحشرات. إنّ تقنيات كهذه (في الحالة اللاحقة، مجسّ حمض نووي صناعي) كانت حتى مسؤولة عن اكتشاف أمراض مرتبطة بالمحار عجزت عن اكتشافها تقنيات غيرها[6]. كما أنها أعطت حياة جديدة للزراعة العضوية، وهي تسلية شعبية بين الهبّيين في ستينيات القرن الماضي تعود بقوة اليوم بين جيل الشباب الناجح المغرم بأحدث الأشياء (yuppies) والجيل إكس (الذي وُلِد بين العامين 1965 و1981)[7].

لا بدّ أنّ أي شخص يعترض على مساعدة المزارعين، وخفض تعداد الحشرات، وكبح الأمراض (في الوقت نفسه الذي تُحقَّق فيه إنتاجية زراعية أعلى) سيكون مجنوناً، صحيح؟ ليس تماماً. تبرز المشكلة عندما تسحب كرسيك إلى طاولة الغداء وفجأة تبدو لك شريحة اللحم تلك، والبطاطا، وخبز اليقطين، واللفت، وشرائح البندورة مثل شيء من الفضاء الخارجي، على الأقلّ في خيالك. هنا يبدأ الناس يتساءلون، وبحقّ. فمن جهة، إذا كنا ما نأكله، فكيف يُعقَل أننا عندما نأكل هذه الأغذية المعدّلة وراثياً لا شيء يحدث باستثناء التغذية؟ ومن جهة أخرى، إذا كان سيئاً جداً، فلماذا لا يمكننا ببساطة أن نُوقِفه؟

الإجابة عن هذين السؤالين ليست سهلة تماماً. أولاً، تمثّل صناعة التكنولوجيا الحيوية الجديدة حتى الآن تركيزاً غير منظور للقوة التعاونية والثروة في مجالَين هامّين بنحوٍ جوهري: الصحة والغذاء[8]. فمع اندماج المزيد والمزيد من الشركات الكبرى القوية، تصبح قدرة الواحدة منها أو الاثنتين للسيطرة على إنتاج كلّ الطعام هائلة. ليس هذا شيئاً سيئاً بالإجمال إذا كان من الممكن الوثوق بشركات كتلك للقيام بالشيء الصحيح، وهنا، بالطبع، تكمن "الصعوبة" الحقيقية. ففي العام 1999، على سبيل المثال، امتلكت خمس شركات (أسترازينيكا AstraZeneca، ودوبونت DuPont، ومونسانتو Monsanto، ونوفارتيس Novartis، وأفنتيس Aventis) 60 بالمائة من سوق مبيدات الآفات عالمياً، وربع سوق البذور التجارية، ونحو 90 بالمائة من كلّ البذور

المعدّلة وراثياً[9]. وفي حين أنّ تركيزاً كهذا يُسهِّل على المزارعين الوصول إلى البذور لأنه من الأسهل توزيع البذور عالمياً، إلا أنه يسبّب مشكلة عندما تحاول أن تقول لشركة أو أكثر أن تكفّ عن القيام بشيء أو أن تبدأ في القيام بشيء آخر على نحوٍ مختلف. ليس هناك ببساطة الكثير من التفعيل إذا اتّفقت كلّ هذه الشركات الخمس، حتى لو كانت هناك معارضة قوية لعملياتها المعدّلة وراثياً كما حدث على مدى السنوات العشر الماضية (خصوصاً في الاتحاد الأوروبي، انظر أدناه). وبالإضافة إلى ذلك، عندما يكون بإمكان جميع الشركات الخمس أن تشير إلى نجاحات هائلة في إنتاج محاصيل العالم الثالث وتحسين الأراضي الصالحة للزراعة، فهذا يجعل أية مناظرة تبدو تجريدية (غير ذات أهمية عملية).

تقريباً تجريدية. ففي حين أنّ هذه الشركات وشركات أخرى قد ناضلت بقوة من أجل الكائنات الحية المعدّلة وراثياً (GMOs) والأغذية المعدّلة وراثياً وحقّقت نجاحات غير مفنّدة، إلا أنّ ذلك لم يفعل الكثير لتغيير المناظرة أو شدّتها من جهة المعارضين. في بعض الحالات، يمكن أن يقال إنه قد أسهم في تعزيزها، ومن السهل رؤية السبب. فمن مرض جنون البقر إلى علف الحيوانات المُثقَل بالديوكسين والبقر المُغذّاة بالهرمونات، لا نريد نحن البشر ببساطة أن يتمّ التلاعب بطعامنا، حتى لو وُعِدنا بجعله أفضل[10].

من نواحٍ عديدة، نحن نقف جاهزين لأن ننشئ، عبر المنابلة الوراثية، ليس أرضاً جديدة رائعة بالضرورة، ولكن بالتأكيد ذاك الذي يدخل في صنع أرض جديدة. هذا هو الوعد العظيم بها، ولكنه أيضاً الخطر العظيم[11]. على سبيل المثال، يؤدّي حقن هرمون النموّ rBST في البقر إلى زيادة كبيرة جداً في إنتاج الحليب، كما ذُكِر أعلاه. هذه أخبار جيدة للمناطق التي يقلّ فيها الحليب ويكثر الطلب. سيتيح هذا لمزارعي الولايات المتحدة أن ينتجوا المزيد من الحليب من أجل توزيع أوسع، ليزيدوا بذلك مبيعاتهم، ويحسّنوا التغذية، ويقلّلوا حالات الوفاة الناتجة عن الفقر وسوء التغذية، ويخفضوا التكاليف العامة للمزارعين العاملين في مزارع إنتاج الألبان والأجبان. للأسف، إنّ العلم لا يقدِّم إجابةً حول التأثيرات الجانبية المحتملة للـ rBST، لأنّ الدراسات غير حاسمة في ما يتعلق باحتمال تأثير هذا الهرمون بشكلٍ سيئ في الجهاز المناعي في الإنسان[12]. من ناحية أخرى، هناك *Baccilus thuringiensis* (*Bt*)، وهي بكتيرية (جمع بكتيريا) موجودة في جينات 33 بالمائة من ذُرة البلد. تمّ تعديل جينات

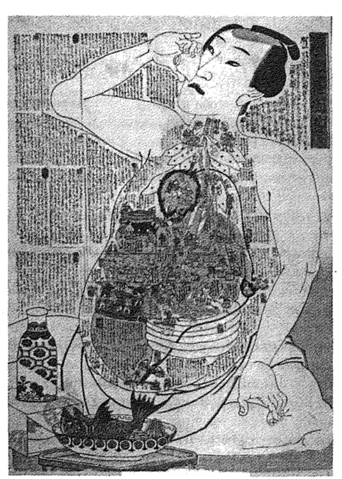
الـذرة لإتاحـة إطـلاق هـذه البكتيرية التـي تعمل كمبيد آفات ضمني لحشـرات معيّنة. كمـا أنّ شـيوع الـذرة هـو أيضاً واحدٌ من الأسـباب الكامنـة وراء تناولنا جميعاً بما لا يـدع مجـالاً للشـكّ لأغذية معدّلة وراثياً. بسـبب عدم التمكّن مـن زراعة الذرة بنجاح فـي الجنـوب بـدون وجـود الـ *Bt* لمكافحة الآفات، فإنّ الـ *Bt* كانت هدفاً للمعدِّلين الوراثييـن لسـنوات[13]. كما أنهـا رُبِطت أيضـاً بالانخفاض في عدد الفراشـات الملكية عبـر حبـوب اللقـاح المصابـة بالـ rBST، أو لم تُربَط، اعتماداً على البحث الذي يقرأه المـرء[14]. وبالإضافـة إلـى ذلـك، في حين أنّ بعض شـركات الزراعة الكبرى قد زادت أرباحها بشكلٍ ملحوظ، إلا أنّ البعض قد أفلس؛ ومحصول البذور المعدّلة وراثياً لم يحقّـق التوقّعـات المرجـوّة؛ ومجيء بـراءة اختراع لإجراءات التعديل وراثياً أغلق باب الأبحـاث، والادّعـاءات لمقاديـر لا حصـر لها من البذور الجديدة من هجائن قد تعني أصنافاً أكثر، أو أقلّ[15]. بتعبير آخر، لكلّ ادّعاء هناك جانب سلبي، ولكلّ خطوة للأمام يبدو أنّ هناك على الأقلّ خطوة للخلف، ولكلّ ادّعاء جديد هناك ادّعاء مضادّ.

وقضيـة أخـرى هامّـة جوهريـاً هي أخلاقيـات التعديل الوراثي بشـكلٍ عام. ففي حين أنه قد يكون من السـهل أن نرى اسـتحقاق ادّعاءات كتلك في حالة الحيوانات (يُناقَـش فـي الفصـل 5)، إلا أنّ العديـد من الناس يثيرونها الآن في ما يتعلق بالنباتات والبذور[16]. وكما سنرى، فإنّ الاستجابة في أميركا مختلفة تماماً عن تلك المشاهدة في أوروبا، وآسـيا، وكندا، وأميركا الجنوبية، وأسـتراليا، ونيوزيلندا[17]. في بعض الحالات، فإنّ البلدان نفسها التي تثير هذه الأسئلة هي المستفيدة الكبرى من الادّعاءات الإيجابية لصالـح المحاصيـل المعدّلـة وراثياً. في هـذه البلدان وغيرها، يتمثّل جوهر القضية في مـا إذا كان اسـتعمال الحمـض النـووي المؤتلف يُنتج ذاك الـذي ما كان ليتواجد بغير ذلـك فـي الطبيعـة أبـداً، أو ما إذا كانت النتائج، بغـضّ النظر عن مفادها، تنطوي على أية إمكانية لإحداث ضرر أكثر من المنفعة. ليسـت هذه أسـئلة سـهلة لأنّ هناك علماء محترمين يقفون على جانبَي السؤال بين مؤيّد ومعارض. خلافاً لحالة التفاح المعالَج بمادة الألار المذكور أعلاه، فإنّ الدليل يمكن أن يُبحَث فيه بسهولة إمّا لتنظيم قضية لأجل الأغذية المعدّلة وراثياً، أو لتقييدها (إن لم يكن منعها).

وعلاوة على ذلك، فإنّ ما يجعل العملية خطِرة في عقول معظم الناس ليس هو اصطناعية العملية (بالرغم من كون ذلك سـبباً لإثارة المخاوف بكلّ تأكيد)، بقدر ما هو الجهل بما سيحدث بعد ذلك. يعبّر اختصاصي الوراثة الجزيئية مايكل أنطونيو عن

هـذا كمـا يلـي: "(إنّ مـا يجعل التعديـل الوراثي يبدو خطراً) هو الطريقة الغامضة التي يتـمّ بهـا جمـع الجينـات وعدم التوقّع في ما يتعلق بالطريقة التي سـيتصرّف بها الجين الغريـب فـي مضيفـه الجديد والتي تؤدّي إلى الشـكّ"[18]. ويتابع أنطونيو ليشـير إلى أنّ هذا العجز عن التوقّع يرجح إلى حدّ كبير فائدة التغيير المقصود.

يجادل البعض بأنّ المسألة يجب أن تُترَك لاختيار المستهلك. على سبيل المثال، إذا اختـرتُ أن آكل تفاحـاً معالَجـاً بـالألار، مـاذا يعني؟ ينبغـي أن يكون ذلك قراري، تماماً كما قد أختار شراء حزام جلدي بدلاً من آخر صناعي، أو شراء حرير بدلاً من مشتقّ له اصطناعي، أليس كذلك؟ ولكنّ حجّة اختيار المستهلك تطرح السؤال نفسه. فكما سنرى، المستهلكون لا يعرفون دوماً والـ FDA (إدارة الغذاء والدواء الأميركية) لا تـزوّد دومـاً بالمعلومـات الكافيـة أو الإجراءات الوقائيـة الملائمة للتمكين من خَيار حكيم للمستهلك[19].



أنت ما تأكله! إنشوكي يوجو كاغامي (قوانين الحياة الغذائية)، كاراي.(من المكتبة الوطنية للطب، تاريخ المجموعة الطبية).

هـل سيدهشـك أن تعـرف أنـك أكلت طعاماً معدّلاً وراثيـاً؟ لقد فعلت إذا كنت قد أكلت طعاماً مُشترىً من أيّ سلسلة من سلاسل متاجر البقالة الأميركية المعروفة. فنحـو 70 بالمائـة مـن الطعـام فـي متاجـر البقالة الأميركيـة قد تمّ تعديلـه وراثياً، وفقاً للخبـراء[20]. صـرّح أحـد الباحثيـن: "إنّ مجرّد اقتراح أنه قـد تكون هناك قضايا أخلاقية يجـب أخذهـا فـي الاعتبار فـي ما يتعلق بالتكنولوجيا المزعومة نفسـها قد يكون قفزة وراثية لأولئك الغارقين في الثقافة التي أنتجت الهندسـة الوراثية"[21]. بتعبير آخر، ربما نكون دون قصد قد عهدنا إلى الثعلب بمهمة الإشراف على قنّ الدجاجة. وهذا لأنّ الجينـات (سـواء جينـات النبـات، أو الحيوان، أو الإنسـان)، كمـا ذكرنا في الفصل 3، هـي سـلعة غيـر معروفـة عندما تُقحَم في الأنواع نفسـها أو في أخـرى مختلفة. يطرح هذا الأمر، ضمن أسئلة أخلاقية أخرى، مشكلة الملكية. ربما نكون سريعين في حالة البشر للقول إنّ الجينات الناتجة تنتمي لذلك الإنسان. ولكن ماذا عن جينات النباتات؟ من يملكها؟ وماذا عن جينات الحيوانات؟ هل هي ملك لنا جميعاً أو للعلماء الذين أحدثوها؟ وحتى في حالة جينات البشـر، لا يؤدّي السـؤال إلى إجابة سـهلة. إذا أُخِذ جين من شـخص (A) وجُمِع مع جين آخر لدى الشـخص (B) لإحداث جين ثالث، هو الجين (X)، فمن يملك هذا الجين فعلاً؟ بما أنه ما كان ليُنتِج نفسـه في السـياق الطبيعـي لعمليّتَـي إغـلاق وفتح "الزمام المنزلق" للحمض النووي، فهل الواهبان (A) و(B) مالِكان فعلاً أم مجرّد أداتَين؟

دايموند ضدّ تشاكرابارتي: حياة مَن هي؟

يقود هذا إلى سؤال هامّ آخر، أو على الأقلّ إلى سؤال أورده لنا التعديل الوراثي للنباتـات: هـل الحيـاة - بـأيّ شـكلٍ منها - قابلة لأن تكون مسـجّلة أو مصونة ببراءة اختـراع؟ ليـس هـذا سـؤالاً تافهـاً وقـد طُـرِح قبل زمنٍ طويـل مـن الآن (تحديداً، في عشـرينيات القرن الماضي) من قِبَل لوثر بيربانكن، الذي جادل بأنّ الإنسـان يسـتطيع أن يُوجِد مصيدة فئران أفضل ولكنه لا يسـتطيع أن ينتفع من اسـتيلاد النباتات كعمل حياة لأنّ الكونغرس لم يقرّ قانوناً يمكّنه من فعل ذلك[22].

للوهلة الأولى، سـيبدو أنّ تسـجيل أشـكال الحياة (جعلها مصونة ببراءة اختراع) هو أسـخف شـيء على الأرض وهكذا كان رأي معظم العلماء بكلّ تأكيد، ولا يزال كذلك حتى العام 1972. في ذلك العام، ابتكر رجلٌ يُدعَى أنادانا تشـاكرابارتي، وهو عالِـم فـي الكيميـاء الحيويـة عمل في شـركة جنـرال إلكتريك[23]، ظاهـرةً صغيرة بارعة

مهندَسة حيوياً، عبارة عن بكتيرية ستلتهم بقع النفط الزلقة. لم تتواجد البكتيرية نفسها كما اخترعها طبيعياً[24]. أيّ شيء يمكن أن يكون أفضل من هذا؟ افترِض حدوث بقعة نفط ضخمة أخرى مثل تلك من الناقلة إكسون فالدز في العام 1989. بإمكان العلماء أن يقبضوا على حفنة من صحاف بتري، ويتوجّهوا إلى الموقع، وفي غضون ساعات ستلتهم هذه البكتيرية وزميلاتها كلّ البقعة الزلقة. ستنتهي العملية قبل حتى أن تبدأ. حسناً، ليس الأمر بهذه البراعة، ولكنك كوّنت بلا شكّ صورةً دقيقة عن الوضع. ثمّ قام تشاكرابارتي بفعل شيء لم يفعله أحدٌ غيره أبداً. قدّم طلباً للحصول على براءة اختراع للكائن الحي المهندَس حيوياً والمعدّل وراثياً.

وُجِد قانون براءة الاختراع الأميركي منذ زمن بعيد (في العام 1793) وكُتِب بواسطة توماس جفرسون نفسه ولا أحد غيره. يمكن الحصول على براءة اختراع لأيّ "فنّ جديد ومفيد، أو آلة، أو صناعة، أو تركيب مادة، أو أيّ تحسين جديد ومفيد مرتبط بذلك". ولكنّ كلمةً واحدة فقط تغيّرت منذ العام 1793. استُبدِلت كلمة "عملية" لجفرسون بكلمة "فنّ" في العام 1952. ادّعى تشاكرابارتي أنّ تلك الكلمة الصغيرة وكلمة جفرسون على حدّ سواء "أو أيّ تحسين جديد ومفيد مرتبط بذلك" أتاحتا له أن يحصل على براءة اختراع للبكتيرية خاصّته[25].

ومع ذلك، فقد رُفِض ادّعاء تشاكرابارتي من قِبَل الغالبية على أنه ادّعاء فارغ لا نتيجة له. فبرغم كلّ شيء، كان قانون براءة الاختراع، ولأكثر من 100 سنة عند رفع تشاكرابارتي دعواه القضائية، قد منع أشياء مماثلة، مثل براءة اختراع لليف في إبر الصنوبر (ورقات الصنوبر شديدة النحول). رفضت المحكمة حينها ذلك الادّعاء، مُجادلةً أنّ تركيب أشجار الصنوبر ليس قابلاً لأن يكون مصوناً ببراءة اختراع تماماً كما لا يمكن لشخص أن يطالب ببراءة اختراع لجوهرة وجدها وكلّ الجواهر الأخرى مثلها. أصبح القرار الرسمي هذا يُعرَف بمبدأ "نتاج الطبيعة"، وسمح بتمييزٍ بين الأشياء التي هي من صنع الإنسان وتلك الموجودة في الطبيعة واستمرّ قائماً لأكثر من 100 سنة إلى أن تقدّم تشاكرابارتي بدعواه القضائية. بدت حجّة تشاكرابارتي بسيطة: هنا كائن حي موجود بالفعل في الطبيعة وقد تمّ التلاعب به وطُوِّر إلى كائن حي آخر جديد وأكثر عدوانية سيلتهم بقع النفط. وبالإضافة إلى ذلك، طالب تشاكرابارتي ببراءة اختراع لعملية، وليس فعلياً لحياة أو شكل حياة[26].

ولكنّ الكونغرس، كما هو معروفٌ جيداً، نادراً ما يدع القرارات الجيدة وشأنها.

في العام 1930، أقرّ الكونغرس قانون براءة اختراع النباتات. جوهرياً، نصّ هذا القانون على أنّ النباتات يمكن أن تُسجَّل إذا تمّ إنتاجها لاتزاوجياً. قدّم تشاكراباراتي طلباً للحصول على براءة اختراع ورُفِض طلبه من قِبَل مكتب براءة الاختراع والعلامة التجارية الأميركي، الذي أسند قراره إلى مبدأ "نتاج الطبيعة". استأنف تشاكراباراتي خلال المحاكم ووصلت قضيته إلى المحكمة العليا وعرفت بقضية **دايموند ضدّ تشاكراباراتي** (كانت سيدني دايموند مفوّضة براءات الاختراعات آنذاك).

لا شيء يحدث من فراغ، وليس قانون براءة الاختراع (الذي يبقى لغة أجنبية لأولئك الذين لم يدرسوه) حصيناً ضدّ القِوى الخارجية. عرفت المحكمة بالفعل أنّ هذه العملية اعتمدت على الحمض النووي المؤتلف المطوَّر من قِبَل بوير وكوهين. تذكّر من الفصل 3 أنّ بوير كان قد وحّد القِوى مع المغامِر الرأسمالي روبرت أ. سوانسون لتشكيل شركة جيننتك في العام 1976. إنّ ما طوّره بوير لم يكن كائناً حياً بقدر ما كان عمليةً لنقل الحمض النووي من مكانٍ إلى آخر في كائنات حية متنافرة جنسياً[27]. كانت جيننتك، كما أشير، قد تصدّرت الصفحات الأولى لصحف عديدة مُعرِبةً عن أملها في معالجة الملايين من المرضى عبر تحسينات الحمض النووي. كان للحكومة بالفعل ضلعٌ في هذا العمل عبر معاهد الصحة الوطنية ورعايتها المالية لفروع جامعية متنوّعة في مشاريع التعديل الوراثي. كانت مليارات – وليس ملايين – الدولارات متعلقة بهذا القرار وقد عرفت المحكمة ذلك. وبالإضافة إلى ذلك، تمّ تقديم ما يقارب دزينة من المذكّرات القانونية من أصدقاء المحكمة، صبّت معظمها في مصلحة تشاكراباراتي وجميعها من شركات احتملت المكسب. مذكّرةٌ واحدة فقط كانت لصالح دايموند ومكتب براءة الاختراع. وقد قُدِّمت بواسطة لجنة إدارة أعمال الشعب، التي ترأَّسها الناشط الاجتماعي (زعم البعض أنه اشتراكي) المعروف وغير المحبوب، جيرمي ريفكين. ادّعت مجموعة ريفكين أنّ هذا سيكون فقط طرف جبل الجليد. ستتبع قريباً براءات اختراع للحيوانات، وبالطبع، للبشر. هل يقرع هذا جرس **عالَمٍ جديدٍ شجاع؟**

لا حاجة إلى القول إنّ جيننتك وتتبعها من شركات قد سخرت من فكرة أنّ البشر سيكونون التالين. وبالطبع، راهنت جيننتك على عدة أطراف تفادياً للخسارة. قد يدّعي البعض الحقّ في إجراءات يمكن أن تُستخدَم على البشر. وادّعت مذكّرات قانونية أخرى لأصدقاء المحكمة (على نحوٍ صحيح) أنّ أعداداً لا حصر لها من النباتات

والحيوانات قد عومِلت بالفعل كملكية. إنّ منح تشاكرابارتي براءة اختراع لن يكون له أثرٌ أكثر من تأييد ما تمّ القيام به بالفعل. بالطبع، لم يُرِد أحدٌ أن يمعن النظر في هذا الأمر لأنّ لا أحد غير تشاكرابارتي قدّم طلباً للحصول على براءة اختراع لعملية إحداث حياة جديدة (حتى إذا كان تشاكرابارتي لم يعتمد كلياً على الحمض النووي المؤتلف). كسب تشاكرابارتي القضية في العام 1980 واعتُبِر اختراعه "صناعة أو تركيب مادة" كما كتب جفرسون بحسن نيّة[28]. ولكنّ القضية بالكاد رُبِحت فقط. كان قرارَ 5 إلى 4 بأنّ كائناً مجهرياً حياً من صنع الإنسان يمكن أن يكون مصوناً ببراءة اختراع[29]. وفي النهاية، مُنِحت براءة الاختراع التي كان منحُها مرفوضاً في ما مضى.

وفي أعقاب ذلك، زاد الكونغرس في تطفّله بإقراره قانون حماية الأصناف النباتية (PVPA) في العام 1970. يقدّم قانون PVPA "حماية شبيهة ببراءة اختراع للأصناف الجديدة المتميّزة المتّسقة والمستقرة من النباتات التي تتكاثر جنسياً". نُقِّح قانون PVPA في العام 1994 ومدّد هذه الحماية لعشرين سنة أخرى، تماماً مثل براءة اختراع، ولكن غير مُدارة بواسطة مكتب براءة الاختراع الأميركي[30]. أدّت قضايا أخرى إلى تعزيز الموضوع أو تشويشه. فقانون بايه-دول (تعديل قوانين براءة الاختراع والعلامة التجارية) الذي أُقِرّ في العام 1980، سهّل كثيراً على علماء الجامعات أن يُنفّذوا عملاً مصوناً ببراءة اختراع في الوقت نفسه الذي يتلقّون فيه أموالاً من الحكومة. وفي العام 1986، سهّلت الحكومة الأمر أكثر مع قانون نقل التكنولوجيا لعلماء الحكومة لحماية اكتشافاتهم ببراءات اختراع. أدّت قضية انتهاك براءة اختراع واحدة فقط (**جامعة كاليفورنيا ضدّ شركة جيننتك**، 1999) إلى بطء خفيف في الانقضاض التقني الحيوي المهندَس وراثياً[31]. كانت القضية نعمةً لصناعة التكنولوجيا الحيوية، ويبقى أن يُرَى ما إذا كانت ستصبح عملاً تافهاً لكلّ أحد آخر. لماذا عملاً تافهاً؟ لعلّ روبرت شابيرو، المدير التنفيذي لشركة مونسانتو، قد أعطى الرأي أفضل عندما قال: "نحن نستكشف البيولوجيا عند مستوىً وسرعة غير مسبوقَين حتماً في التاريخ البشري. هناك حيّز محتمل هائل ليُملأ، والرهانات مرتفعة جداً. نريد أن نكون قادرين على شَغل المنطقة الأكثر قيمة"[32]. حتى لو فرضنا أفضل الدوافع لكلّ المشمولين، فهل من الحكمة أن نستثمر كلّ هذه القدرة في أيدي قلّة قليلة منّا؟

إنّ قضية تشاكرابارتي هي أكثر القضايا شهرة، ولكنها ليست القضية الوحيدة. كما أنه لم يتمّ التوصّل إلى حلّ بشأنها بالرغم من أنها قد رُبِحت. تثير القضية عدداً من

المسائل، ليس أقلّها الملكية الفكرية[33]. هل بإمكان أحدهم أن يملك شيئاً تنتجه الطبيعة ولكنّ الإنسان يصقله، أو يُحسّنه، أو يوسّعه، أو يغيّره مادياً؟ يبدو أنّ بإمكانه ذلك.

يصبح السؤال عويصاً أكثر عندما يتعلق بالنباتات. فعلى مدى سنوات – بل قرون – دأب البشر على التلاعب بالطعام لجعله أفضل. وفي مجال الدراسات الزراعية في مجال البستنة (الجِنانية)، كانت الهجائن حقلاً أساسياً للأبحاث منذ العام 1950[34]. هل نرسم خطّاً حدّياً وهمياً بين ما سيحدث طبيعياً وذاك الذي سيتطلّب تدخّل الإنسان؟ إذا كان الأمر كذلك، فإنّ قدراً كبيراً ممّا دأبنا على تناوله قد تجاوز الحدود. إذا رسمنا الخط بين أشياء تتطلّب مداخلة الإنسان وأخرى لا تتطلّبها، فما هي المعايير؟ وماذا عن الهجائن التي حدثت طبيعياً، مثلاً، بمزج ما يُسمّى بالأصناف البرّية مع أصناف نباتية أخرى؟ يجادل معظم العلماء بأنّ المسافة من الأسلاف البرية إلى أيّ نبات زرعه حتى آباء أجدادنا هي كبيرة بقدر ما هي بينهم وبين الإنسان الأول[35]. أو هل نعزل تلك المناطق حيث التجارب على النباتات جديدة جداً عن تلك التي كانت موجودة لخمس سنوات؟ عشر سنوات؟ عقود؟ وما هي المقاييس التي يجب وضعها وكيف نميّز بين التقنيات المقبولة وتلك غير المقبولة، لأنّ الكثير ممّا لدينا الآن يُحتمَل أنه قد بدأ كسيناريو ربما كنا سنصفه بأنه غير مقبول؟ وبالإضافة إلى ذلك، إذا أوقفنا شكلاً ما من التعديل الوراثي، فهل سنكون قادرين على السماح بكلّ التعديلات الوراثية الأخرى؟ على سبيل المثال، اعتمدت صناعتا سباق الخيل والأزهار على شكلٍ ما من التلاعب الوراثي أو التهجين لعقود[36]. إنّ ما يختلف، بالطبع، هو المدى الذي يمكن لهذا التلاعب أن يبلغه. لا يمكن أبداً لمهجّن تقليدي أن ينسل شجرة بجزرة، مثلاً. ولكنّ التعديل الوراثي الآن يسمح لجين من الشجرة أن يذهب مباشرة إلى الجزرة دون أن يجرّ معه جميع الجينات الأخرى للشجرة[37]. وعلاوة على ذلك، فإنّ النباتات هي "لدنة" أكثر بجيناتها وكروموسوماتها، متيحةً لغريب أن يضاعف مرتين أو حتى أربع مرات مجموعة الكروموسومات[38]. ما يعنيه هذا هو أنّ اختصاصيي الوراثة لديهم الكثير ليعملوا به ولديهم العديد من السبل ليستكشفوها. من جديد، ليست هذه أسئلة سهلة تقود إلى أجوبة سهلة بيضاء أو سوداء، فقط ظلال خفيفة جداً من الرمادي.

قد لا يبدأ الرمادي حتى في تغطيتها، أيضاً. في أيلول (سبتمبر) من العام 2000، نشرت **النيويورك تايمز** مقالاً عن ذُرة مُهندَسة وراثياً احتوت على البروتين Cry9C. لم يكن هذا خبراً جديداً في حدّ ذاته. ما كان خبراً جديداً، وما أرسل شيئاً شبيهاً

بالتسونامي في عالم الهندسة الوراثية، هو أنه في حين أنّ الـ Cry9C قد تمّت الموافقة عليه كعلف للماشية وغيرها من الحيوانات، إلا أنه لم تتمّ الموافقة عليه للاستهلاك البشري. ومع ذلك، كان موجوداً هناك، في عددٍ من أنواع سندويشات الذرة المباعة على نطاق قومي[39]. يبدو أنه قد أصبح ممكناً الآن أن يكون لدينا طعامٌ مهندَسٌ وراثياً في طعامٍ لم تتمّ الموافقة عليه بعد للتعديل الوراثي.

كشفت الأبحاثِ المبكرة حول الحمض النووي المؤتلف باستعمال النباتات أنّ الجهود لإقحام جينات غريبة أتاحت للحمض النووي أن يدخل النبات دون أن تتيح له تكرار نفسه. أدرك العلماء أنّ ما يجب فعله لبلوغ تكرار ناجح ونسخ تطلّب تمييز متتاليات الحمض النووي بواسطة إنزيمات مشترِكة في العملية[40]. أتاح هذا الاكتشاف فهماً أفضل لما حدث عندما أُضيفت هذه الأجسام الغريبة وقدّم معارف عميقة في عددٍ من الاتجاهات، ليس فقط للفيروسات النباتية بل أيضاً لتطبيقات أخرى. وفي حين أنّ النتيجة النهائية لم تكن بالضرورة ما يُسمّى بالأغذية المعدّلة وراثياً، إلا أنها لم تُستقبَل أيضاً بسعادة من قِبَل الجميع.

أخطاء فاحشة مُبكرة

لم تبدأ المنابلة الوراثية في النباتات بسهولة إجمالاً. أكّدنا في الفصل 2 على أنّ عملية الإقحام و/أو الاستنساخ الوراثية غير قابلة للتوقّع إلى حدّ كبير. فحالما يكون الجين داخل الكائن الحي الجديد، يعرف علماء الوراثة كيف يجب أن يعمل، ولكنّ الجينات لا تحصل دوماً على التعليمات الصحيحة، لهذا، فهي تُكمِل من تلقاء نفسها. وفي حين أنّ النشاط الوراثي هو ربما قابلٌ أكثر للتوقّع من رمية عملة معدنية، إلا أنّ الجين، مثل أيّ شيء حي، لا يمكن أن يُخبَر بما يجب عليه فعله دون انحراف. عندما تنحرف الجينات عن هدفها، فإنّ النتيجة النهائية ليست المرأة بطول 15 متراً المُشاهدة في أفلام الخيال العلمي ولكنها قد تكون شيئاً لم يفكّر أحدٌ أنه سيحدث. ليس الأمر فقط أنّ سلوك النبات حتى نهايته لا يمكن توقّعه، بل أنّ استجابة عامّة الناس هي حتى أقلّ قابليةً لأن تُتوَقّع بها. في هذه الأمثلة للأخطاء الفاحشة المبكرة، يلعب كلّ من عدم توقّع الجين واستجابة عامّة الناس دوراً رئيسياً.

الجليد الناقص *Ice-Minus*

نُظِر دوماً إلى سنة 1984 على أنها سنة مشؤومة، في الدرجة الأولى (أو حصرياً)

بسبب رواية "1984" لجورج أورويل، حيث الشقيق الكبير (تعبير ملطّف لما حدث تحت الدكتاتورية الشيوعية) سيتولّى السلطة ويغيّر كلّ شيء، بما في ذلك التاريخ. ربما انتظر المهندسون الوراثيون سنةً عمداً، ولكن في العام 1985 (والسنة التي تلتها)، تمّ إطلاق مُنتَجَين للحمض النووي المؤتلف في البيئة في انتهاك مباشر للقوانين الفدرالية المتعلقة بالحمض النووي المؤتلف[41]. هما بكتيريتان، **زائفة اللِّيلج** *Pseudomonas syringae* و**زائفة الإزهار** *Pseudomonas florescens*. طُوِّر هذان المتعضِّيان (هو كائن حيّ مؤهل للعيش بالاستعانة بأعضاء منفصلة من حيث الوظيفة ولكن بعضها يعتمد على بعضها الآخر. والحيوانات والنباتات كلها متعضيات. وبعض المتعضيات بالغ الصغر إلى حدٍّ يتعذر معه رؤيته بالعين المجردة) في جامعة كاليفورنيا بانتزاع الجينات بدلاً من إضافتها. أسمت الصحافة المتعضّيَين الجديدَين "الجليد الناقص" لأنّ شركةً للتكنولوجيا الحيوية، هي شركة العلوم الوراثية المتطوّرة (AGS)، كانت قد خطّطت لتسويقهما كمادة مانِعة للصقيع Frostban. أشارت كلمة "الجليد" في الجليد الناقص إلى الجين، وكلمة "الناقص" إلى إزالته.

توجد طافِرة للبكتيرية الشائعة **الزائفة** *Pseudomona* في نباتات البطاطا[42]. تُنتج **الزائفة** بروتيناً ستتشكّل عليه بلورات الجليد بسرعة. أتاحت فكرة الجليد الناقص (وبدت فكرة جيدة جداً) لهذه البكيريا أن تتجمّع على أوراق النبات ما إن تصل درجة الحرارة إلى صفر درجة مئوية أو أقلّ منها بقليل. سيخفض الجليد الناقص، كجين مُلغى، احتمال تشكُّل الصقيع، أو تشكّله بنفس السرعة[43]. بالنظر إلى الاسم التسويقي، يمكن للقرّاء أن يخمّنوا أنّ المحاصيل المتأثّرة على نحوٍ وخيم وسيِّئ بالبرد – كالفراولة مثلاً – ستكون منيعةً، إذا جاز التعبير، ضدّ الصقيع. عند رشّه بمانِعة الصقيع، فإنّ أيّ محصول متأثّر بشكلٍ سيِّئ بالصقيع سيُحمَى. وهكذا، وعلى نحوٍ مفاجئ، أصبح بإمكان حتى انترناشيونال فولز في مينيسوتا، عاصمة التجمّد في العالم، أن تزرع الفراولة. حسناً، ليس إلى هذا الحدّ من البرودة، ولكن بالتأكيد أصبح بإمكان مناطق لن تنمو فيها الفراولة بسبب الصقيع طويل الأمد أن تفكّر في الفراولة كمحصول جديد. يمكن إنتاج المزيد من الفراولة وبسبب العرض ستقلّ الأسعار.

ومع ذلك، فقد أرادت شركة العلوم الوراثية الكثير جداً. بعد أن حصلت على إذن لاختبار مانِع الصقيع على الفراولة، قامت الشركة أيضاً برشّه على الأشجار على سطح المركز الرئيسي للشركة. سُحِب الإذن الحكومي ودفعت الشركة غرامة بقيمة

13,000 دولار، هي الغرامة الأولى من نوعها التي تفرضها وكالة حماية البيئة الأميركية EPA. ولكن لماذا؟ في الدرجة الأولى، لأنّ استعمال الجليد الناقص في منطقة غير مُراقَبة استثار مخاوف بشأن مرضَين ناجِمَين عن استعمال **زائفة اللِّيلج**: مرض الدردار الهولندي وآفة شجرة الكستناء. نجم هذان المرضان دون قصد عن إطلاق متعضِّيات (كائنات حية) في مناطق بيئية لم يتواجد فيها هذان المرضان قبل الإطلاق. وتبيّن أنّ النتيجة كانت كارثية، حيث قُضِي على شجرة الدردار الأميركية وشجرة الكستناء الأميركية بسبب أمراض ناتجة عن هذا الإطلاق. بتعبير آخر، كانت المخاوف بيئية في طبيعتها. هل سيُحدِث الرشّ واسع النطاق لاتوازناً بيئياً؟

جادلت دراسات لاحقة بأنّ نتيجة إطلاق الجليد الناقص ستكون تافهة، ولكنّ الضرر من الخوف من كارثة بيئية قد حدث بالفعل. هذا الضرر، مجتمعاً مع مرض الدردار الهولندي وآفة شجرة الكستناء، كان له أثرٌ كبيرٌ جداً في الجليد الناقص. فحتى مع شهادة صحية نظيفة – التي لم يحصل عليها أبداً بشكلٍ كامل – تبيّن أنّ تسويق الجليد الناقص إزاء المخاوف البيئية مستحيل. أثارت القضية قلقاً بشأن الاختبار غير المُراقَب، وقلقاً بشأن الضرر واسع النطاق، وما إذا كانت الشيكات والأرصدة الملائمة في موضعها الصحيح للاهتمام بمعالجة هذه الأمور. بدا واضحاً أنه لا يمكن الاعتماد على العلماء العاملين في شركات كتلك لإبداء حُكم جيد (أو هذا ما أوردته الحجّة). بدت القيود الأميركية التنظيمية مخفَّفة جداً، متيحةً التقدُّم قبل الاهتمام بمعالجة كلّ المشاكل المحتملة[44].

ومع ذلك فقد جادل آخرون بأنّ المخاوف بشأن الجليد الناقص وبندورة فلافر سافر Flavr Savr Tomato (انظر أدناه) قد بولِغ فيها. يقول المؤيّدون إنّ هذه المخاوف قد أعاقت النموّ في الصناعة وقادت إلى تأخُّر كبير في اكتشاف أدوية وحتى علاجات لأمراض مميتة مثل الإيدز[45].

بندورة فلافر سافر[46]

ما كان للفكرة خلف بندورة فلافر سافر أن تكون أفضل. يبتهج جميع متسوّقي البقالة عندما يحلّ الربيع. فالربيع والصيف يعنيان المحصول؛ محصولاً طازجاً، لذيذاً، وناضجاً. يحلّ الخريف ويقلّ المحصول، ثمّ تأتي الثلوج الأولى ونجد أنفسنا نحدّق في السلع المعلّبة أو المجمّدة. ولكن افترض أنك تستطيع أن تبتدع، على سبيل المثال، بندورة لها دوماً نفس الشكل والطعم اللذيذ كما لو كانت قد قُطِفَت من

حديقتك الصيفية الخاصة! وعلاوة على ذلك، ليست البندورة شيئاً يُستهان به مالياً، حيث قُيِّمت بأكثر من 3,5 مليارات دولار سنوياً[47].

استُهدِفت البندورة لأنها الأكثر احتمالاً لأن تفسد بغضّ النظر عن الفصل. فإذا قُطِفت بعد الأوان تصبح طريّةً جداً أو عفنة. وإذا قُطِفت قبل الأوان فعليك أن تنتظر، وإلا ستعلق ببندورة لذيذة الطعم ولكن خضراء مقلية رتيبة[48]. في العام 1991، أنتجت شركة إنتر كالجين Enter Calgene، وهي شركة هندسة وراثية، بندورة ستنضج دون أن تصبح طريّة. بالتلاعب بجين واحد فقط من جينات عديدة، أنتجت كالجين بندورة فلافر سافر التي ستنضج وتحتفظ بلونها وصلابتها دون أن تصبح مشبّعة بالماء، أو طريّة، أو سهلة الهرس من كثرة النضج[49]. في العام 1992، أصدرت إدارة الغذاء والدواء الأميركية موافقتها الأولى على طعام مهندَس وراثياً بالكامل، هو بندورة فلافر سافر. جينياً، أُزيل الجين المسبِّب طراوة البندورة وأضيف جين فلافر سافر.

لم يستغرق الأمر طويلاً قبل أن يُطلِق كلّ محتجّ مُحِبّ للزراعة العضوية العنان لغضبه الشديد ضدّ فلافر سافر. للأسف، إنّ الاحتجاجات تركّزت بشكلٍ ضئيل جداً على العلم وبشكلٍ كبير جداً على الخوف. أصبحت الأسماك برؤوس بندورة أو العكس شائعة ضمن الوسائل المروِّجة للذعر. وفي العام 1994، شعرت شركة كالجين كما لو كانت تُضرَب بكلّ بندورة مُفرِطة النضج تمّ زرعها أبداً. صمدت بندورة فلافر سافر أمام هذه الاحتجاجات ولكنها فشلت من نواحٍ أخرى. ففي فلوريدا وكاليفورنيا، وهما أكبر منطقتَين لزرع البندورة في الولايات المتحدة، ثبت أنّ البندورة الجديدة كانت عرضة للمرض. وعلاوة على ذلك، في حين أنها لا يمكن أن تنضج إلى حدّ التشبّع بالماء، إلا أنها لا يمكن أن تتحمّل الشحن. وصلت العديد من صناديق البندورة متضررة وطريّة. وفي العام 1996، فقدت بندورة فلافر سافر كلّ رونقها.

ومع ذلك، لا يمكننا أن ننكر جانب التحسينات لدفتر حسابات التعديل الوراثي إذا عرّفنا تلك التحسينات في ما يتعلق بالمحصول. قُدِّر أنّ التعديل الوراثي وحده مسؤول عن 50 بالمائة من محاصيل الحصاد في القرن العشرين[50]. على سبيل المثال، وعلى مدى الثلاثين عاماً الماضية، زادت محاصيل القمح بنسبة 115 بالمائة؛ والذرة، 320 بالمائة؛ وفول الصويا 112 بالمائة؛ والبندورة 413 بالمائة. ولكنّ العلماء منقسمون حول رقم الـ 50 بالمائة. نشأت الزيادات في محصول القمح من تهجين الأنواع ذات الأداء الأفضل إلى أن تمّ تكوين الهجين ذي الأداء الأعلى. يجادل البعض أنّ هذا

لا يقع تحت عنوان التعديل الوراثي بقدر ما يقع تحت عنوان علم الوراثة المندلي. ولكن حتى هذه التقنيات التي تعتمد بالفعل على مستوىً معيّن من التلاعب الجيني، تتعرّض أيضاً للنقد. على سبيل المثال، يمكن لكلّ عمليات التهجين أن تُنتِج على طول السلالة ذرّيةً تكون عُرضة للمرض إلى حدّ كبير، الأمر الذي سيؤدّي إلى محو حقول ضخمة من القمح بين عشية وضحاها. يقلق آخرون بشأن الانخفاض في الأصناف أو الانخفاض المستمرّ في الأصناف إلى أن لا يُتَمكَّن من تكوين المزيد؛ نهاية السلالة، إذا جاز التعبير[51].

ولكنّ المحاصيل ليست الجزء الوحيد من القصة. فالنباتات المعدّلة وراثياً هي أقلّ عُرضةً للأمراض الشائعة (ولكن ليس بالضرورة للأمراض الجديدة)، وأكثر مقاومةً للحرارة أو البرودة، والجفاف، والفيضانات، وأكثر مقاومةً للطفيليات أو العشب الضارّ، وتُولِّد تقريباً مبيداتها الحشرية الضمنية التي هي مُهلِكة للحشرات ولكن عديمة الأذى للإنسان. من ناحية أخرى، هناك إمكانية الطفرات. نحن لا نعلم بعد ما الذي سيؤدّي إليه التلاعب الجيني الطويل من طريق الطفرات. مسوخ؟ يعتقد بعض العلماء أنّ الطفرات ممكنة ولكن ليس على نطاق واسع جداً، أو ليس كتغيير في الأنواع كما كان يُظنّ في ما مضى[52]. ثمّة إمكانيات أخرى مُشجِّعة في التعديل الوراثي تشمل استخلاص النفط والتعدين الميكروبي (استعمال الميكروبات في إدارة النفايات والترشيح الحيوي في التعدين)[53].

إنّ ما أحدث ثورة في التعديل الوراثي في العقود الأخيرة كان القدرة على تشغيل وإيقاف الجينات، أو بالأحرى القدرة على استحثاث مفاتيح متنوّعة. مكّن هذا علماء الوراثة من أن يضبطوا بدقة جينات متنوّعة وأن يزيدوا سمات مرغوبة أو يُنقصوا أخرى ليست مرغوبة بنفس القدر[54]. لقد عرفنا منذ اكتشاف مندل أنّ السمات تنتقل عبر الجينات. وعرفنا منذ اكتشاف واطسون وكريك كيف تنتقل تلك السمات من جيل إلى الذي يليه. ولكنّ الأبحاث منذ ذلك الحين مكّنتنا من التعمّق أكثر. فمن بعض النواحي، يحاكي البحث في التركيب الجزيئي متناهي الصغر لخلايانا اتّساع السماء المزدانة بالنجوم. تحتوي أنفسنا الجزيئية على ضخامة من المعلومات مثل العديد جداً من النجوم المتلألئة. وفي حالة النباتات، بإمكان العلماء أن يغيّروا جيناً واحداً ويصنعوا نباتاً أكثر مقاومةً للصقيع، أو أن يستحثّوا جيناً آخر ويجعلوا النبات كريه المذاق بالنسبة إلى حشراته المفترسة المعروفة. ولكن، مثل الفضاء الخارجي، نحن

أيضاً نتوصّل إلى فهم أننا كلّما عرفنا أكثر، كلّما فهمنا أكثر أنّ هناك الكثير جداً ممّا لا نعرفه.

على سبيل المثال، وكما عبّر عن ذلك أحد الكتّاب، "بالنسبة إلى اختصاصي في علم الزراعة، فإنّ تطوير نباتات بمقاومة جينية لمبيدات العشب الضارّ بدا شيئاً مستقبليّ التفكير"[55]. بما أنّ حراثة الأرض وفلاحتها تقتل ديدان الأرض التي تُبقي التربة خصبة وتسبّب تأكل التربة الفوقية، فأيّ شيء أفضل حكمة من هذا؟ ولكنّ هذه التكنولوجيا الجديدة غير مُميِّزة ونحن الآن نقتل حشرات لا نريد فعلياً قتلها. وعلاوة على ذلك، نحن لا نعرف صدقاً ما التوازنات الأخرى التي نخلّ بها في هذه العملية.

والأكثر من هذا، أنّ هذه العملية بعد أن أصبحت معروفة الآن على نطاق أوسع قد جلبت جيشها الخاص من المحتجّين. إن الاحتجاج الآن هو ذروة الخطاب الحرّ، والأساس الوطيد للتعديل الدستوري الأوّل وعقيدة تأسيسية لما يجعل أميركا، أميركا. المشكلة هي أنّ المحتجّين أصبحوا غير مُميِّزين تماماً مثل الجينات التي أحدثها العلماء. نحن الآن عند نقطة خسارة العنصر الأساسي بسبب الرفض غير المُميِّز. ليس السؤال "هل العلماء محقّون أو هل المحتجّون محقّون؟"، بل هو "هل هناك تسوية، طريقة وسطى، تتيح للعلماء أن يتابعوا عملهم بأمان بينما يحقّقون تقدّماً؟" فمن جهة، يقول المحتجّون إن لا شيء مأمون النتائج بما يكفي، ومن جهة أخرى، يقول العلماء إنّ الأنظمة الحالية تهدّد بإيقاف عملهم بشكل كامل. هناك تضارب مصالح لكلا الطرفَين.

كما ذُكِر سابقاً، فإنّ التعديل الوراثي للنباتات والحيوانات مستمرّ منذ عقود. السؤال الذي يطرح نفسه هو: "ما سبب كلّ هذا القلق الآن؟"، إذا كنا قد دأبنا على تناول أغذية معدّلة وراثياً لعقد أو أكثر (وقد فعلنا)، فلماذا هناك الكثير من الجدل حول هذا الموضوع الآن؟ ولماذا، على سبيل المثال، اتّخذ معظم أوروبا موقفاً متصلّباً ضدّه؟ (في النمسا وحدها، وفي العام 1997، وقّع 1.2 مليون مواطن - نحو 20 بالمائة من تعداد السكّان - حظراً تامّاً على الطعام المُهندَس وراثياً)[56]. وبالفعل، فإنّ استجابة الاتحاد الأوروبي (EU) هي مسألة تستحقّ اهتماماً ودراسة منفصلة.

استجابة الاتحاد الأوروبي

ترتبط استجابة الاتحاد الأوروبي ارتباطاً وثيقاً بنموّ وشعبية الأغذية المعدّلة وراثياً في أميركا الشمالية، وتحديداً في الولايات المتحدة. ابتدأت المحاصيل المعدّلة

وراثياً في العام 1996، وفي العام 1998 انتشرت بشكلٍ جدّي. زرعت الولايات المتحدة، وكندا، والأرجنتين ما يُقدَّر بـ 68.7 مليون أكر (نحو أربعة آلاف متر مربّع) من المحاصيل المعدّلة وراثياً التي ازدادت بشكلٍ سريع ومفاجئ إلى ضِعف ذلك المقدار تقريباً في العام 1999[57]. قادت شركة مونسانتو طريق الإنتاج بفول الصويا راونداب ريدي Roundup Ready الذي احتوى على جينات تتحمل المضادّ الحيوي أمبسيلين، وأيضاً بالذرة المعدّلة. وافق الاتحاد الأوروبي على ذلك، وفي العام 1996 دخل نوعا الحبوب (المعدّلة وغير المعدّلة) مدينة أنتويرب في بلجيكا، ولكنّ منظّمة السلام الأخضر Greenpeace نظّمت احتجاجاً واسع النطاق. لم ينجح الاحتجاج، ولكنّ ما حقّقه بالفعل (وربما كان هذا مقصد منظمة السلام الأخضر منذ البداية) هو أنه رفع الوعي العامّ. كان الألمان غير سعداء بشأن ما اعتبروه تلويثاً لفول الصويا وسعوا وراء إزالته، ولكن ليس من كلّ بلدان الاتحاد الأوروبي.

في العام 1998، فهمت مونسانتو الرسالة وأطلقت حملة علاقات عامة ضخمة في بريطانيا العظمى، تصف كلّ الفوائد الصحية للمحاصيل المعدّلة وراثياً[58]. ربما كانت هذه الحملة سابقة لأوانها، لأنّ الدراسات التالية أظهرت أنّ الأغذية المعدّلة وراثياً، مثلها مثل تلك المزروعة طبيعياً، لا تخلو من مشاكلها المتأصّلة المرتبطة بالصحة[59]. هل بدا ذلك للمستهلكين في الاتحاد الأوروبي مكافئاً للمبالغة في الاحتجاج؟ من المستحيل أن نقرّر، ولكنّ احتجاجات منظّمة السلام الأخضر وغيرها بلغت درجة محمومة وسرعان ما شاركت المملكة المتحدة، وألمانيا، وفرنسا في الاحتجاج، غاضبةً حول ما أسمته تلويث سلاسل الطعام. دخلت المناظرة أيضاً منظّمات غير حكومية (NGOs) وكسبت موطئ قدم عظيماً، حيث سلسلة الأنظمة في الاتحاد الأوربي مختلفة جداً عن تلك في أميركا. ففي أوروبا، يُضبَط بيع كلّ ما يُسمّى بالأغذية الجديدة (الأغذية التي تمّ تعديلها وراثياً) من قِبَل قانون الأغذية الجديدة EC Novel Foods Regulation. وفي حين أنّ القانون حديث (1997)، إلا أنّ فرنسا، وهولندا، والمملكة المتحدة، كانت لديها أنظمة مماثلة قبل وقت طويل من تشكيل الاتحاد الأوروبي. يتطلّب كلٌّ من قانون الأغذية الجديدة وعملية الأغذية الجديدة الممهّدة تعريفاً بالمحتوى labeling [60].

وفي نهاية تسعينيات القرن الماضي، أصبح واضحاً أنّ الأوروبيين أرادوا أن يعرفوا ما يحويه غذاؤهم. وقد أيّدوا بأغلبية ساحقة التعريف بالمحتوى[61]. إذا أُريد

للأغذية المعدّلة وراثياً أن تنجح في الاتحاد الأوروبي، فإنّ على المصنِّعين أن يُعرِّفوا بمحتوى أغذيتهم. ستُناقش مسألة التعريف بالمحتوى أدناه، ولكنّ المثير للاهتمام هو ردّ فعل مصنّعي الأغذية المعدّلة وراثياً: عارضوا الأمر بصورة ثابتة. حتى في الولايات المتحدة هناك دعمٌ قوي للتعريف بالمحتوى، ومع ذلك فقد بقي التعريف بالمحتوى اختيارياً تحت إدارة الرئيس كليتنون[62]. لا يمكن إلقاء اللوم فقط على مُصنّعي الأغذية المعدّلة وراثياً. فلدى منظّمة السلام الأخضر وغيرها من حركات الاحتجاج معلومات هامّة بالفعل للبوح بها. ولكن ما يُقلق بالفعل هو ميل منظّمة السلام الأخضر وحلفائها للاعتماد بشكلٍ حصري تقريباً على وسائل مُفزعة لتحقيق هدفها وليس على الحقائق. على سبيل المثال، في كلّ احتجاج تقريباً لمنظّمة السلام الأخضر في ما يتعلق بالأغذية المعدّلة وراثياً، سيرتدي أحدهم طقم ملابس يصف إمّا رأس سمكة على حيوان ثديّ أو توليفة أخرى منافية للطبيعة. ليس مهمّاً، على ما يبدو، أنّ توليفة كتلك لم تتمّ، ولن تتمّ، تجربتها. ومع ذلك، فإنّ الخوف من أنّ مسوخاً كتلك قد تظهر يُعتبَر كافياً لجماهير منظّمة السلام الأخضر. هذا أمرٌ مؤسف، لأنه يُحبِط أيّة مناظرة جدّية حول سلامة الأغذية المعدّلة وراثياً عندما تتجاوز المعلومات المضلِّلة الحقائق[63].

وفي حين أنّ معظم الأوروبيين يعتقدون أنّ التكنولوجيا الحيوية ستزيد على الأرجح من إمكانيات الترقّي والنجاح في حياتهم (على سبيل المثال، زرع الأجسام الغريبة xenotransplantation)، إلا أنه عندما يتعلق الأمر بالأغذية المعدّلة وراثياً، فإنّ الاستجابة الأوروبية الطاغية تكون سلبية. فالدول الوحيدة في الاتحاد الأوروبي التي تُدعَم فيها الأغذية المعدّلة وراثياً هي إسبانيا، والبرتغال، وفنلندا، وإيرلندا. وبالفعل، حتى العام 2002، كان الأوروبيون لا يزالون متردّدين بشأن الأغذية المعدّلة وراثياً، ولكنهم كانوا معارضين لها صراحة. من ناحية ثانية، فإنّ الموقف على هذا الجانب من المحيط الأطلسي مختلف تماماً. ففي حين أنّ بعض الناس يعارضونها، إلا أنّ الأنظمة الحكومية، كما أشير إليه أعلاه، تتراوح من مخفّفة إلى اختيارية محضة[64]. سيكون من الصعب التوفيق بين الاستجابة الأوروبية والموقف الأميركي، حيث الأغذية المعدّلة وراثياً هي في أحسن الأحوال مُجازة، وفي أسوأ الأحوال مقبولة بسبب نقصٍ في المعرفة، ناشئ عن المناظرة حول عدم خطورة الحمض النووي المؤتلف وإضافته إلى البذور والأغذية[65]. بشكلٍ عام، يعتقد الأوروبيون أنّ الأميركيين يتحرّكون بسرعة جداً، ومهتمّون فقط بالإمكانيات التجارية، وغير مستعدّين بما يكفي

للمساعدة أو تقديم المعلومات بشأن المحاصيل والنباتات الأخرى المعدّلة وراثياً. يُجيب الأميركيون بأنّ الأوروبيين يتفاعلون مع الأمر بشكلٍ هستيري. سيمضي وقتٌ طويل قبل أن يتمّ التوصّل إلى اتفاق حول القوانين والممارسة التنظيمية للتقريب بين الجانبَين.

حقيقي أم اصطناعي؟

وفقاً لأحد الباحثين، ويُدعَى غلين ماكغي، فإنّ هذه مسألة لا تتعلق فقط بالطريقة بل أيضاً بالدرجة، على نحوٍ مماثل، وفقاً لتعبيره، للفرق بين ألبوم، وقرص مدمج CD، ونابستر (خدمة موسيقى رقمية)[66]. بتعبيرٍ آخر، كان التغيير دراماتيكياً بما يكفي لتغيير الطريقة التي نفكّر بها بشأن ماهيّة الشيء الذي أمامنا. فعلى سبيل المثال، الأمر كبير الاختلاف بين زراعة جنبة ورد تكون أكثر قدرة على الاحتمال أو ستُزهر بغزارة أكثر، وبين تناول حبة بطاطا لم تكن أبداً في الأرض، أو لم تلمس التربة أبداً في أيّ وقت خلال نموّها، أو هي نتاج مختبر ما وليس يد مُزارِع. يعتقد ماكغي أنه مجرّد فرق في التكنولوجيا. ويجادل أنّ الألبوم هو فينيل، والنابستر هي برنامج كمبيوتر. ليس هناك اختلاف في الموسيقى، التي هي المُنتَج النهائي لكليهما. إذا كانت مبيعات الآيبود القياسية لشركة آبل لها أية دلالة، فإنّ ماكغي مُحقّ، على الأقلّ في ما يتعلق بالموسيقى. ولكن النقطة التي يبدو أنّ حجّته تفشل عندها (بغضّ النظر عن مدى الطمأنة بالنسبة إلى البعض) هي تلك المتعلقة بما يمكننا أن ندخله إلى أجسامنا. إذا كنت آكل المكافئ لبرنامج كمبيوتر، فالأمر سيهمّ، ما لم أكن، ربما، على متن رحلة إلى كوكب بعيد ما.

إنّ ما يقلق الآخرين أكثر هو أنّ التحكّم المتزايد بالغذاء وإنتاج الغذاء متروكٌ في أيدي قلّة منا. بينما تتطوّر التكنولوجيا، وبينما نصبح قادرين أكثر فأكثر على التحكّم بالطبيعة إمّا بتعجيل، أو إعاقة، أو مجرّد تغيير ما تقوم به كلّياً، فإنّ قدرة قلّة منا على التحكّم بما تأكله الغالبية يصبح أمراً مزعِجاً بازدياد[67]. وبقدر أهمية هذا التوتّر، يعتقد بعض الناس أنه مكبوح بالمنافع المتوقّعة في المستقبل القريب. وبالإضافة إلى تلك المنافع المذكورة، هناك منافع أخرى تأتي كنتيجة للانتقال إلى إنتاج علمي أكثر في الزراعة. وبينما نزيد الإنتاج والقدرة على الزراعة في أماكن هي مستحيلة فيها حتى الآن، نحن نقلّل أيضاً الحاجة إلى الأسمدة وبالتالي ننتفع من إنتاج النفط الذي احتيج إليه في ما مضى لتصنيع الأسمدة[68]. إذاً، ألن يكون الحلّ هو أن نُعرِّف بمحتوى كلّ

شيء معدّل وراثياً، سواء أكان بذوراً، أو محاصيل، أو نباتات يمكن أن تُزدَرع؟ ليست الإجابة بسيطة بقدر ما تبدو.

التعريف بالمحتوى
(لجهة كون المُنتَج معدّلاً وراثياً أو يحتوي على موادّ معدّلة وراثياً)

هل هناك سببٌ أدبي أو أخلاقي للتعريف بالمحتوى؟ برزت القضية في العام 1987 مع إدخال هرمون سوماتوتروبين البقري BST (يُكتَب أيضاً sBST) في الحليب[69]. أُدخِل الـ BST وأنفحة الكيموسين إلى المملكة المتحدة من دون صخب، حليب BST وحليب طبيعي من أبقار حلوب لم تُحقَن بهرمون النموّ البشري (BGH، يُكتَب أيضاً rBGH. يُستعمَل الـ BST والـ BGH كمترادِفَين غالباً)[70]. بيع الحليب بنوعيه، ذاك من مصدر طبيعي وذاك من مصدر BST، ولكن لم يتمّ الفصل بين المصدرَين. لم يكن المورّدون ولا المشترون ولا مزارعو التجربة حتى معروفين لأيّ أحد غير أولئك العلماء القائمين بالتجربة. ربما سُعِي لأن تكون تجربة مزدوجة التعمية، ولكنّ النتيجة النهائية كانت أنّ التعريف بالمحتوى كان المقاربة الأنصف.

ولكنّ التعريف بالمحتوى ليس أبيض وأسود إلى هذا الحدّ. على سبيل المثال، هل يجب أن نصنّف بيتزا بالجبن بأنها مهندَسة وراثياً إذا كان الحليب المستخدَم لصنع الجبن قد تمّ تعديله؟ ما المستوى الذي يجب عنده التمييز بأنّ طعاماً معيّناً سيُصنَّف بأنه مهندَسٌ وراثياً؟ هل نعتبر طعاماً ما مهندَساً وراثياً إذا كان جزءٌ واحدٌ منه فقط كذلك، أو هل نحن بحاجة إلى أكثر من شرطَين أساسيَّين من أجل أن نصف طعاماً ما بأنه معدّل وراثياً؟

أحد الأسباب الرئيسية للجدال حول التعريف بالمحتوى هو تقييم الخطر المحتمَل من قِبَل خبراء (علماء) وكيفية ترجمة هذا إلى الناس العاديين (أنا وأنت)[71]. إنّ ما قد يظنّه عالِمٌ ما خطراً محتمَلاً ضئيلاً قد لا يكون الشيء الذي سنوافق عليه أنا أو أنت. يكمن معظم هذا الاختلاف في الفرق بين فهم العالِم وفهم الشخص العادي (غير الاختصاصي). ومع ذلك، وبما أنه من الصعب تحديد مستوىً للخطر المحتمَل يكون مقبولاً لشخص آخر، فإنّ بعض التعريف بالمحتوى قد يكون مفيداً ومن ثمّ يستطيع المستهلكون أن يقرّروا بشأن مدى الخطر المحتمَل الذي هم مستعدون لقبوله. يجادل البعض بأنّ التعريف بالمحتوى قد يكون مروِّجاً جداً للخوف[72]. تمضي

الحجّة بأنّ كلّ شيء نأكله قد عُدِّل وراثياً بالفعل. وعلاوة على ذلك، حتى لو كنت تشتري أغذية عضوية، فمن غير المرجّح أن تكون قد تجنّبت الغذاء المعدّل وراثياً لما يُرجَّح من "تلوّث" البذور. إنّ تفادي كلّ الخطر المحتمَل يعني أن تأكل ما تزرعه أنت بنفسك فقط – دائماً – بافتراض أنك تستطيع الحصول على بذور لم يتمّ التلاعب بها. إنّ أيّ سوبرماركت، أو أيّ مطعم من المطاعم الفاخرة أو مطاعم الوجبات السريعة، أو أيّ غرفة طعام في مؤسّسة، أو أيّ مستشفى، أو أيّ خطوط جويّة تقدّم بعض الطعام المعدّل وراثياً. قُدِّر في العام 2000 أنّ 75 بالمائة من أطعمة السوبرماركت المعالَجة أو الطازجة ستُعطي نتيجة إثباتية (إيجابية) في اختبار كشف التعديل الوراثي. إنّ التعريف بالمحتوى لأيّ نوع يجب أن يشمل طعام الأطفال، وخلطات الخَبز، وطعام الحبوب، وزيوت الطهو، والذرة ورقائق الذرة، ومُحلِّيات الذرة، ومنتجات الألبان، والمارغرين، وثمار الباباي، والفشار، والبطاطا، والملفوف الأحمر، وصلصة وتوابل السلطة، ومنتجات الصويا، والقرع، والبندورة[73]. أن تهرب من الطعام المعدّل وراثياً، سيعني أن تهرب من كوكب الأرض.

وبالإضافة إلى ذلك، يقول هؤلاء المعارضون للتعريف بالمحتوى أنه ليس هناك ما يدعو إلى الخوف على كلّ حال. فإدارة الغذاء والدواء الأميركية قد قرّرت أنه لا توجد معلومة ستميِّز الأغذية المزروعة طبيعياً عن تلك المزروعة باستخدام تكنولوجيا الحمض النووي المؤتلف[74]. سيكون التعريف بمحتوى هذه الأغذية عديم الفائدة.

ولكن على مستوىً معيّن، قد يكون التعريف بالمحتوى أسهل بفضل شركات الزراعة الضخمة التي اضطلعت بالزراعة. على سبيل المثال، زرعت سريلانكا في العام 1959 ألفَي نوع من الأرزّ. واليوم، خمسة فقط. وانخفض تنوّع القمح في اليونان بنسبة 95 بالمائة[75]. نحن لا نعرف الآن ما إذا كان هذا التماثل جيداً. فالشركات الضخمة تجعل التماثل مقصوراً على قلّة فقط، كما أنها تضع معظم السُّلطة في أيدي قلّة. بالنسبة إلى أولئك الذين يعيشون في بلدان العالم الثالث أو ظروف العالم الثالث، فإنّ نجاحهم الزراعي يعتمد على وجود حكومات حرّة مستعدة لأن تزوّدهم باحتياجاتهم الزراعية. وفي الولايات المتحدة، الأمر مماثل. في العام 1997، كان مصدر 30 بالمائة من مبيعات المزارع هو المزارع العائلية، بينما كان مصدر أكثر من 60 بالمائة من هذه المبيعات هو المزارع التعاونية أو المزارع التجارية الفردية[76].

هل الغذاء المعدّل وراثياً أمرٌ محتوم؟ وفقاً لبعض الخبراء، لا يزال بالإمكان، إلى

حدّ معيّن، إنتاج واستعمال بذور طبيعية[77]. المشكلة، بالطبع، تتعلق بالحافز، سواء أكان مالياً أو غير ذلك. فالملايين من الدولارات هي تحت تصرّف أيّ شخص يرغب في صنع مصيدة فئران أفضل معدّلة وراثياً، ولكن ليس تحت تصرّف أولئك الذين يريدون أن يستخدموا أجزاءً أفضل لمصيدة الفئران التقليدية. بتعبير آخر، يجد المزارعون (على الأقلّ في الولايات المتحدة) أنّ الحصول على بذور و/أو محاصيل معدّلة وراثياً بأسعار مخفّضة هو أسهل كثيراً من إيجاد وشراء تلك غير المعدّلة وراثياً. منذ العام 1987 والنباتات الأولى المعدّلة وراثياً بإشراف وزارة الزراعة الأميركية (USDA)، ازدادت المساحة الأكرية للنباتات المعدّلة وراثياً بشكلٍ سريع من 6 ملايين أكر في العام 1996 إلى 74 مليون أكر في العام 2000 (109 ملايين أكر على مستوى العالم)[78]. وعلاوة على ذلك، توحّد الجامعات جهودها حالياً لجعل وسائل التكنولوجيا الحيوية الزراعية متوفّرة على نطاق أوسع بكثير[79]. قاد هذا، بدوره، إلى مخاوف بأنّ الصناعة تقود الجامعة وليس العكس. وفي حين أنّ هذا يساعد المزارعين بالتأكيد على اكتساب تكنولوجيا زراعة الحبوب، إلا أنه كان أيضاً علفاً لمجموعات تُعارض التعديل الوراثي للنباتات.

بالنسبة إلى أولئك الذين يعارضون الأغذية المعدّلة وراثياً بغضّ النظر عن السبب - ديني، أو أدبي، أو أخلاقي - هناك دوماً محاصيل مزروعة عضوياً (أو بيولوجياً)، ولكنها يجب أن تكون مُصدَّقاً عليها كأغذية عضوية[80]. معنى أن يكون الغذاء عضوياً محضاً هو أنّ المزارعين لم يستخدموا بذوراً معدّلة وراثياً، وهو متطلَّب يصبح الإيفاء به صعباً بازدياد (انظر أدناه). في الولايات المتحدة، تشير عبارة "غذاء عضوي مُصدَّق عليه" إلى غذاء عضوي يتقيّد بأكثر المقاييس صرامة. ومع ذلك، فإنّ ملخّصاً للعلامات التجارية للأغذية التي تعطي نتيجة إثباتية في اختبار كشف التعديل الوراثي يجعل تجنّبها يبدو مستحيلاً: آنت جيميما Aunt Jemima، وبول بارك فرانكس Ball Park Franks، وبيتي كروكر Betty Crocker، وبوكا بيرغرز Boca Burgers، وبرافو تورتيلا تشيبس Bravo Tortilla Chips، ودونكان هاينس Hines Duncan، وإنفاميل Infamil، وفريتو-ليه Frito-Lay، وغاردنبيرغر Gardenburger، وجنرال ميلز General Mills، وغرين جاينت Green Giant، وهينز Heinz، وجيفي كورن Jiffy Corn، وكيلوغز Kellogg's، وماكدونالدز McDonald's، ومورننغ ستار Morning Star، ونابيسكو Nabisco، ونستله Nestle، وأولد إل باسو Old El Paso،

وأوفالتين Ovaltine، وبوست كويكر Post Quaker، وسيميلاك Similac، وألترا سليم Ultra Slim[81]. وفي حين أنّ مُنتَجات هذه الشركات ليست جميعها محتوية على أغذية معدّلة وراثياً، إلا أنّ أيّ مُنتَج محتوٍ على الذرة، أو الصويا، أو الألبان، أو اللحوم سيعطي بصورة شبه مؤكّدة نتيجة إثباتية في اختبار كشف التعديل الوراثي.

الأغذية المعدّلة وراثياً: الأخبار الجيّدة

تملك الأغذية المعدّلة وراثياً إمكانية غير محدودة للنفع، أو هذا ما يقوله المؤيّدون. خذ، على سبيل المثال، أرزّ الفيتامين A المهندَس وراثياً. وُصِف أرزّ الفيتامين A بأنه "تطوُّر هامّ في الجهود لتحسين صحة المليارات" من الناس ذوي الأوضاع الأقلّ ملاءمة، الذين يعيش معظمهم في الأجزاء الريفية من آسيا[82]. تشتمل العملية التي تُنتج أرزّ الفيتامين A على إقحام جين من النرجس البرّي في سلالة من الأرزّ لإنتاج أرزّ بوفرة مفرطة من البيتا كاروتين. يتحوّل البيتا كاروتين إلى الفيتامين A، المفيد للبصر. إنّ الأرزّ الذهبي، كما يُسمّى غالباً، هو أخبار جيدة جداً لفقراء العالم، الذين يُصيبهم سوء التغذية بضعف بصر شديد أو عمىً أو حتى أسوأ[83]. تُنتج مونسانتو وشركات أخرى قطناً، وكانولا (بذر اللفت)، وذرة تكون مقاوِمةً للغليفوسات glyphosate أو المبيد العشبي غلوفوسينات glufosinate. الفكرة هنا هي إنتاج محاصيل مقاوِمة للمبيد العشبي حيث إنّ المبيد العشبي يقضي على الأمراض فقط، ومبيد الآفات يقضي على الحشرات فقط، وتبقى المحاصيل صحية ونامية[84].

تُنتج شركات أخرى محاصيل مقاوِمة للآفات. لم يكن النجاح باهراً في كلّ حالة وقد أحدث، كما سنرى أدناه، مخاوفه الخاصة به. ومع ذلك، فقد تبيّن أنّ المحاصيل كانت قابلة جداً للزراعة في أقلّ المناطق ترجيحاً. إنّ زيادة الأراضي الصالحة للزراعة في العالم وإن كان بنسبة ضئيلة (3 بالمائة، مثلاً) سيعني أنّ المليارات من الناس سيكون لديهم وصول إلى أغذية أكثر وأفضل ممّا لديهم الآن. يجادل العديد من المؤيّدين بأنّ هذه التطوّرات الهامة الجديدة ستتيح لأولئك الذين يعيشون في العالم الثالث أن ينجوا من الفقر إلى الأبد[85]. بسبب التعديل الوراثي، أصبحت المحاصيل الآن مقاوِمةً للمرض، والبرد، والجفاف، وحتى الملح (ولكن بنجاح محدود جداً)، ما يجعلها ليس فقط أكثر قابلية للزراعة في تُرَب ذات ملوحة مرتفعة، بل أيضاً أكثر سرعةً في النضج والتكيُّف[86]. ولكن، بالإضافة إلى المخاوف الصحية، تستمرّ المناظرة حول سلامة هذه المحاصيل بيئياً. ويجادل آخرون بأنّ هذه المحاصيل المعدّلة وراثياً

هي مأمونة تماماً وينبغي لترويج الذعر أن يتوقّف[87]. وعلاوة على ذلك، إذا كانت سلامة المحاصيل تُبنَى على أساس محاصيل تُدجّن في منطقة الإنتاج حيث تُزرَع، فلا شيء في الولايات المتحدة أو كندا يُعتبَر مؤهّلاً[88]. بتعبير آخر، تدين الولايات المتحدة للآخرين بتطويرها وتدجينها لمحاصيلها. وبما أننا الآن نملك الدراية والخبرة التقنية، فقد جاء دورنا لاستعمال المحاصيل المعدّلة وراثياً التي رسّخناها للمساعدة في إطعام جائعي العالم، أو هذا ما يقوله مؤيّدو التعديل الوراثي.

ويصف آخرون المزايا التي جلبها التعديل الوراثي للقمح، وبالتالي لصنع الخُبز، والخمائر، والتبغ، والمحاصيل الثانوية للقمح[89] (في حالة التبغ، تمّ إقحام جين من يَراعة في جينات نبتة تبغ، ونتج عن ذلك أوراق تبغ تتوهّج في الظلام)[90]. على سبيل المثال، ستؤدي القدرة على التحكّم بالعفن الفُطري في العديد من محاصيل الحبوب إلى خفض الكلفة للمزارعين بالملايين. وتمضي الحجّة بأنّ مدّخرات المزارعين ستنتقل دون شكّ إلى المستهلكين. ولكن ليست الزراعة وحدها في وضعٍ يؤهّلها لأن تكسب من التعديل الوراثي. بالإضافة إلى الصناعات الغذائية، فإنّ صناعات مواد التنظيف، والأنسجة، والأوراق والعجائن الورقية، ودبغ الجلود، والزيوت والدهون، والصناعة التشخيصية والاختبارية هي أيضاً في وضعٍ يؤهّلها لأن تكسب بسبب وجود تقنيات متنوّعة تُنظِّم العمليات والإجراءات الفوضوية أو تحلّ محلّها[91]. يقول بعض الناس إننا حتى لو قبلنا بكلّ الأخطار والتحذيرات بشأن المحاصيل المعدّلة وراثياً، إلا أنّ علينا أن نفهم أنها وُجِدت لتبقى. وفي النهاية، عندما تجمع كلّ الفوائد على دفتر حسابات تخيّلي وتقارنها بكلّ الأخطار المحتملة (حقيقية أو تخيّلية)، ستجد في نهاية المطاف أنّ فوائد المحاصيل المعدّلة وراثياً تتجاوز إلى حدّ بعيد أيّة أخطار محتملة[92].

يشكو مؤيّدو التعديل الوراثي للمحاصيل بشأن الخرافات المتنوّعة الدائرة في وسائل الصحافة والإعلام. على سبيل المثال، ليست الفراشة الملكية غير عرضة للخطر بسبب ذُرة *Bt* فحسب، بل لقد ازدادت أعدادها بشكلٍ مذهل بعد انخفاض طفيف (بالرغم من أنه حتى نهاية العام 2001، كان البعض لا يزال ينقل أخباراً عن الخطر المحتمل غير الموجود). هناك حجج أخرى ضدّ التعديل الوراثي تحيط بهذه المناظرة وتشمل التالي: يُنشئ التعديل الوراثي عشباً ضاراً خارقاً، وتحتوي البندورة على جينات أسماك وجرذان، والأغذية الطبيعية لا تحتوي على جينات، والأغذية المعدّلة وراثياً هي أغذية غير طبيعية بالكامل، وإقحام الجين مكافئ للطيران الأعمى،

وسيعاني المزارعون الفقراء في المناطق الفقيرة أشدّ المعاناة إذا لم يتمّ تنظيم المحاصيل المعدّلة وراثياً بشكلٍ كامل[93]. إنّ مؤيّدي الأغذية المعدّلة وراثياً محقّون بشأن معظم هذه الخرافات. ولكن، كما سنرى أدناه، فإنّ المؤيّدين والمعارضين على حدّ سواء يختارون خرافاتهم بعناية لفضح الزيف فيها.

الأغذية المعدّلة وراثياً: الأخبار السيّئة

بالرغم من اتّساع المناظرة حول منافع التعديل الوراثي الزراعي، إلا أنها تبهت بالمقارنة مع المشادّات شبه المُحرِقة بشأن مخاطر التعديل الوراثي للمحاصيل. فلكلّ ادّعاء حول خطر محتمل ما، هناك ادّعاء معاكِس بأنّ الخطر زائف، أو مضلِّل، أو فيه خطأ. للأسف أنّ فحوى خطاب ولهجة مدّعي الخطر أولئك ليسا دائماً دقيقَين بشأن الحقائق، أو بالأحرى مُهمِلان بشأن الادّعاءات.

ومع ذلك، فإنّ أحد الادّعاءات التي لا يمكن إنكارها، هو الادّعاء بتسلُّل التعديل الوراثي حيث لا يُراد له أو لا يُفترَض به أن يكون. على سبيل المثال، ظهرت الذرة المقاوِمة للحشرات في رقائق الذرة وتورتيلا الذرة المقلية (taco shells)، بالضبط حيث لم يُقصَد لها أبداً أن تكون. أمّا صغار الحيوانات التي عُدِّلت وراثياً لتُنتج سماداً أقلّ فقد قُتِلت وأُخِذت إلى محرقة القمامة، ومع ذلك فقد انتهت كعلف للدواجن استُهلِك بواسطة الدجاج والديوك الرومية، التي أُكِلت بعد ذلك بواسطة البشر. وغُرِّم مزارعٌ في كندا بسبب زراعته لراونداب ريدي كانولا (إنتاج شركة مونسانتو)، رغم أنه لم يزرع البذور أبداً؛ وصلت فجأة إلى حقوله من المزارع المجاورة التي أجيز لها أن تزرعها. وفي تكساس، تمّ، دون إذن، تهجين كانولا مقاوِمة للمبيدات العشبية مع أخرى مماثِلة معدَّلة وراثياً ثمّ مع كانولا العشب الضار النابتة تلقائياً. نتج عن ذلك نبتة مقاوِمة تماماً للمبيدات العشبية شغلت تقريباً مزرعة بأكملها[94].

أقنعت الثورة الخضراء في دول العالم الثالث المزارعين هناك باستبدال محاصيلهم البلدية بأصناف أقلّ ذات محصول عال تتطلّب مقادير كبيرة من مبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات. وبالإضافة إلى ذلك، جعلت الثورة الخضراء أكل الأرزّ الأسمر بدلاً من الأرزّ الأبيض عالي الصقل أمراً غير شعبي ثقافياً[95]. يعتبر الكثيرون هذا الأمر بمثابة خطوة إلى الخلف بدلاً من خطوة واحدة عملاقة إلى الأمام، مجادلين بأنه إذا لم تزدهر هذه التقنيات والمحاصيل، فإنّ مزارعي العالم الثالث سيكونون أسوأ حالاً ممّا كانوا قبلاً لأنهم لن يُطعموا العالم، فضلاً عن عدم إطعامهم لأنفسهم[96].

تبرز مخاوف أخرى إلى السطح فوراً. سبّبت تفاعلات الحساسيّة الناشئة عن التعديل الوراثي كلّ شيء من الآلام التنفّسية إلى الإسهال، ودقّات القلب السريعة، وحتى الموت[97]. أحد الأخطار الأكثر جدّية هو الخوف من أنّ "العلماء سيتمكّنون، من خلال نقل الجينات بين كائنات حيّة مختلفة تماماً، من ابتداع أنواع بقدرات جديدة متطرّفة"[98]. ترجع المشكلة إلى عدم توقّع إقحام الجين المناقش في الفصلين 2 و3. على سبيل المثال، عندما تمّ استبدال الحشائش، التي كانت في ما مضى تُحرَق في نهاية الفصل، بحشائش معدّلة وراثياً يمكن أن تُخمَّر ويُعاد تدويرها، مات القمح المزروع في هذه التربة المعاد تدويرها في غضون سبعة أيام تقريباً. ويقلق البعض بشأن ما سيحدث للأشجار المعدّلة وراثياً عندما تُلقَّح تهجينياً. هل يمكن الاعتماد عليها من أجل المزيج الملائم لتبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الذي يعتمد عليه كوكب الأرض؟ البعض متردّد[99]. ويخشى آخرون أنّ التكنولوجيا قد فاقت العلم حيلةً، أو سبقته، أو كليهما، بينما لا يزال آخرون يعتقدون أنّ المشكلة قد بلغت نقطة حرجة ويطالبون بإيقاف كلّ المحاصيل والأغذية المعدّلة وراثياً[100]. يتساءل الجميع عن عدد المحاصيل المعدّلة وراثياً التي ابتدعناها بالفعل وما إذا كانت أكثر ممّا ينبغي: القمح، والأرزّ، والكانولا، والشمّام، والتفاح، والقهوة، والقرع، والخيار، والباذنجان، والفراولة، والبصل، والبازلاء، والتوت البرّي، والأناناس، والخوخ، والبندورة، والجوز، وتوت العلّيق، والتبغ، والبطاطا، والبطاطا الحلوة، والبطيخ، على سبيل المثال لا الحصر[101].

يحدث تلقيح تهجيني بين المحاصيل المعدّلة وراثياً لإنتاج أسلاف برّية ويؤدّي ذلك إلى مشكلة أخرى خطيرة. في كلّ حالة يكون فيها نوعٌ جديد، سرعان ما يتبع ما يُسمّى بقريب برّي أو كائن حيّ جديد[102]. بالرغم من أنه ليس تشبيهاً دقيقاً (ولكن قريباً)، فإنّ أيّ أحد من الجنوب يعرف بشأن كودزو، وهي كرمة يمكن أن تنمو حتى ثلاثة وثلاثين سنتيمتراً في اليوم. يخشى بعض العلماء أنّ التلقيح التهجيني مع شيء مثل الكودزو (التي لا يمكن أن تُحبَط) سيُسفر عن عشب ضارّ خارق لا يمكن إزالته، بغضّ النظر عن الطريقة المستخدمة لتحقيق ذلك. الخوف هو أنه بدلاً من إحداث نعمة للزراعة وعالم النبات، أحدثنا عملاً تافهاً لا يمكن إيقافه ولا سبيل إلى الهروب منه. وحتى الجهود لمنع الأعشاب الضارّة الخارقة عبر نظام الحماية التكنولوجي لوزارة الزراعة الأميركية، المسمّى بالناهي Terminator، لم تنجح كما خُطِّط لها[103]. تقنياً، سيجعل الناهي البذرة عقيمة حيث إنّ أية بذور مستقبلية لن تُنبت شيئاً في الحقيقة.

سواء أكان الاسم أو التكنولوجيا هو ما دمّر هذا الجهد، فإنّ كلّ ما فعله في النهاية كان لكم التعديل الوراثي في الوجه وترك مبتدعيه يزبدون. أخيراً، ليس هناك اتفاق بشأن المدى الذي قد يبلغه التلقيح التهجيني للبذور. إذا زُرِعت البذور المعدّلة وراثياً في مكان ما، فهل يمكن احتواؤها؟ يجيب البعض بالنفي ويذكرون كدليل بذوراً معدّلة وراثياً تنمو في أماكن تبعد 400 ميل (640 كلم) عن المكان الذي نشأت فيه أساساً[104].

استنتاجات

في النهاية، فإنّ هذه المناظرة هي حول العلم وإلى أيّ مدى يمكننا الوثوق به. عندما يكون العلم هو القاضي والمحلّفين حين يتعلق الأمر بالأغذية المعدّلة وراثياً، فإنّ السلامة العامة تكون في قفص الاتهام. من الواضح أنّ المال (ومبالغ ضخمة منه) تستحثّ تطوير التعديل الوراثي وقبوله. وهذا، بحدّ ذاته، لن يكون سبباً لدقّ ناقوس الخطر، لأنّ أشياء كثيرة في مجتمع ديموقراطي رأسمالي تُستحَثّ أيضاً بنفس هذا الأسلوب دون نتائج سيّئة. ولكنه يصبح مشكلة عندما يكون المال هو السبب الوحيد لتطوير أو استحثاث المنتجات حين تكون السلطة كلّها في أيدي حاملي أسهم أثرياء.

نحن نعرف أنّ للأغذية المعدّلة وراثياً قيمة بالفعل. ونعرف أيضاً أنّ هناك بعض المخاطر المتأصّلة. يصبح السؤال هو، كم لكلّ منهما؟ في هذه المرحلة المبكرة، يبدو أنّ المحاصيل والأغذية المعدّلة وراثياً ليست بأكثر خطورة من الأغذية الطبيعية النامية مع مبيدات الآفات، أو حتى من الأغذية العضوية. ولكننا نعرف أيضاً أنّ مخاطرها جدّية بما يكفي لتتطلّب بعض التدخّل من قِبَل وكالة ما غير مُقادة بالتكنولوجيا الحيوية وليس لديها ادّعاء في تلك المسألة. يبدو أنّ التوصيات التالية هي أفضل ما يمكن اتّخاذه من إجراءات:

إبطاء معدّل إنزال الأغذية المعدّلة وراثياً إلى السوق إلى أن يتمّ إجراء المزيد من الأبحاث. هذا مختلفٌ عن التعليق. بإبطاء معدّل إنزال تلك الأغذية إلى السوق، نستطيع على الأقلّ أن نتأكّد من حجم الأخطار المحتملة، ومدى جدّيتها، وما إذا كان يجدر بنا المتابعة. سيتيح هذا التأخير أيضاً إجراء المزيد من الدراسات الطولية لضمان الصحة والسلامة.

حرّية الاختيار للمزارعين. يجب ألاّ نطالب بأن يزرع مزارعو أميركا أو العالم الثالث أغذيةً معدّلة وراثياً. إذا كان كلاهما أو أيّ منهما مستعدًّا للمخاطرة، فلتكن له الحرّية في ذلك، ولكن يجب أن يُعطَوا خياراً صادقاً.

تحديد مقاييس أكثر صرامة للمحاصيل والأغذية المعدّلة وراثياً. يجب أن تتأكّد إدارة الغذاء والدواء الأميركية (أو أية وكالة حكومية أخرى) من إبقاء المنتجات المعدّلة وراثياً بعيدة عن الأغذية حيث لم يتمّ التصديق على احتوائها عليها. يجب أن يكون الاختبار الدوري إجبارياً، وفي حال وجود مخالفات، يجب أن تكون الغرامات كبيرة ما يكفي لردع مرتكبي المخالفات المستقبليين.

أخيراً، **يجب التعريف بمحتوى كلّ الأغذية** (لجهة التعديل الوراثي). **أنت تشتري على مسؤوليتك.** دع المشتري يحذر. إذا كانت الأغذية المعدّلة وراثياً ستتواجد في متاجر البقالة بوفرة، ينبغي أن يعرف المستهلكون هذا. نحن نُعرِّف بالفعل باحتواء الأغذية على أسبارتام aspartame، سبلنديدا splendida، وحتى ألار. فما المانع من التعريف بالتعديل الوراثي؟ إذا كان المستهلك يريد شراءها، فلا بأس. وإذا لم يُرِد، فقد صرّحت السوق بالمحتوى.

ستتيح هذه التوصيات القليلة خيارات للمتسوقين في السوق وخيارات للمزارعين في الحقول، بينما لا تزال تقدّم فرصاً تجارية لحاملي الأسهم. في غضون ذلك، يجب على كلا الجانبَين أن يسعيا لمتابعة هذه المناظرة دون مكر وغلوّ. إذا عجزنا عن مواصلة مناظرة معقولة، فسنصل حتماً إلى نتائج غير معقولة.

5

حسناً ، أهلاً دوللي:
تطبيقات حيوانية للهندسة الوراثية

عند تأمّل أحداث الهندسة الوراثية للعام 1996، لن يخمّن المرء أبداً أنّ نعجة دورست فنلندية بريئة المظهر ستغيّر وجه مناظرة الهندسة الوراثية، ولكنّ هذا ما فعلته[1]. قال العالَم: "أهلاً دوللي" بصخبٍ عظيم لأنثى أخرى، رغم أنها ليست امرأة. لم تكن دوللي فقط أية نعجة، ولكن نعجة "مُستنسَخة... من خلية أُخِذت من الغدّة الثدييّة (أيّ من الضرع) لشاة ومن ثمّ زُرِعت في مُستنبت". كانت الشاة قد ماتت منذ وقت طويل ولكنّ البيولوجيّ إيان ويلموت وزميله كيث كامبل "أعادا توليف" (وفقاً لتعبيرهما) جنين ووضعاه في رحم شاة بديلة. أصبح الاثنان أشهر عالِمَين في العالم، وإن كان لفترة قصيرة. شعر الاثنان بالمناظرة وشيكة الحدوث واستخدما شركة علاقات عامة لمساعدتهما في تدبّر نشر المعلومات[2].

لم تكن دوللي الحيوان الثديّ (حيوان من ذوي الأثداء التي ترضع صغارها لبناً تفرزه غددها الثديية) الأوّل الذي يتمّ استنساخه، ولكنها كانت أوّل حيوان ثديّ يُستنسَخ من خلية جسمية بالغة[3]. لم يُعلِن العالِمان عن وجود دوللي (أو النعجة 6LL3، كما عُرِفت بدايةً) حتى شباط (فبراير) من العام 1997، وقد فعلا ذلك في المجلة العلمية، نيتشر، المعروفة بنشرها للاكتشافات العلمية الحاسمة. حتى تلك اللحظة، لم يظنّ أيّ عالِم أنّ العملية ممكنة، أو ربما ظنّوا أنها كانت ممكنة ولكن غير مرجّحة الحدوث. بشّرت دوللي بعصرٍ جديد وتطوّر مفاجئ جديد وجدلي للغاية في هذا الموضوع الخلافي بالفعل.

تريسي، وميغان، وموراغ، ودوللي، وبوللي

لم يقع ويلموت على دوللي مصادفةً. كان قد اشتغل بالفعل على تريسي، التي لم تكن نعجة مستنسخة بالكامل ولكن أوّل حيوان معدّل وراثياً بالمعنى التجاري. وبعد تريسي جاءت ميغان، ثمّ موراغ، التي قادت إلى دوللي[4]. المقصد؟ فقط أنّ تريسي، التي وُلِدت في العام 1990، جاءت قبل فترة طويلة من دوللي (1996) ومثّلت قدراً كبيراً من العمل الذي قاد إلى دوللي، التي أذهلت الجميع ولكن فقط لأنهم لم يكونوا ينتبهون. حتى بوللي، التي خلفت دوللي، لم يكن لها الوقع الذي كان لدوللي ولم تنل تغطية صحفية وإعلامية كما فعلت دوللي، ولا تزال.

ولكن، لماذا كان الجميع مندهشاً للغاية بحدوث أمرٍ مستحيل كهذا؟ أحد الأسباب التي جعلت العلماء يظنّون أنه مستحيل يتعلق بدمغ الجين[5]. باللغة العادية، يعني هذا أنّ حصولك على جينات معيّنة من الأب وليس من الأم أو العكس سيُحدِث فرقاً بالفعل. ففي أمراض معيّنة مثلاً، سيعني حصولك على جينات من أبيك (أو أمك) أنّ المرض سيكون وخيماً جداً أو خفيفاً. أدّت العملية التي أنتجت دوللي (النقل النووي nuclear transfer) إلى جعل ظاهرة دمغ الجين معروفة (من خلال عمل البروفيسور عظيم سوراني). قبل استنساخ دوللي، كان إعطاء اللواقح الثديية نواتَين أوّليّين أنثويّتَين أو ذكريّتَين يعني أنها ستفشل في النهاية عندما تُغرَس في الرحم.

ساعدت دوللي العلماء على الالتفاف حول المشكلة وأنتجت حيواناً مُستنسَخاً من خلال النقل النووي، وهو حيوان لا تزال ذرّيته حية (في حالة دوللي، بوني). قبل ورود تقنية الاستنساخ بطريقة النقل النووي، رأى الجميع دمغ الجين كعقبة يستحيل التغلّب عليها. ولكن من أجل تجنّبها، كان لا بدّ من اختراع تقنية أخرى ستقود حتى إلى جدل أكبر. سنتحدّث عن هذا بمزيد من التفصيل لاحقاً.

في هذه السلالة من النعاج اللافتة، زوِّدت تريسي بشيء هامّ بصورة خاصة. تمّ تزويدها بجين بشري يُنتِج الإنزيم AAT (ألفا-1-مضادّ التربسين)، ما جعل قدراتها الخاصة بإنتاج الحليب أسطورية. ولكنّ الـ AAT أكثر أهميةً من ذلك، لأنه الإنزيم نفسه المستخدَم لمعالجة النفاخ والتليف الكيسي وغيرهما من أمراض الرئة[6]. قبل إنتاج تريسي، كانت الطريقة الوحيدة للحصول على هذا الإنزيم تتمثّل باستخلاصه من بلازما الدم البشري عبر عملية مُكلِفة. وبما أنّ أيّ شيء بشري يحوي أيضاً إنتانات (infection) وأمراضاً بشرية، فقد رأى بعض العلماء أنّ هناك حاجة إلى وسيلة أخرى.

وهكذا، كانت تريسي وزميلاتها. يُفترَض أن تبدأ التجارب السريرية للعلاج باستبدال الجين AAT خلال هذا العقد[7].

قادت هذه المعالجة إلى سبب رئيسي واحد، على الأقلّ بالنسبة إلى ويلموت وزملائه، وراء ولادة دوللي في المقام الأوّل: ينطوي الاستنساخ على العديد من الوعود الطبية. وبالرغم من أنّ معظم هذه الوعود كانت مخيِّبة للآمال، إلا أنّ الأمل موجودٌ دوماً. فكّر ويلموت مناقشاً نفسه أنّ تكنولوجيا الاستنساخ ستساعد في معالجة أمراض معيّنة بإنتاج بروتينات، وبإنتاج أعضاء من حيوانات يمكن أن تُزرَع لاحقاً في البشر، وبإنتاج خلايا بشرية يمكن أن تُقحَم لتحلّ محلّ خلايا تالفة[8]. إذا كنتَ، أو أحدٌ تحبه، تصارِع مرضاً يمكن أن يُعالَج، أو على الأقلّ يُسكَّن بشكلٍ ملحوظ، بالهندسة الوراثية، فأنت على الأرجح تريد لهذا المجال أن يستمرّ. إذا كانت تلك هي المسألة الوحيدة للأخذ في الاعتبار، لما كانت هناك أية مناظرة على الأرجح، أو بالتأكيد ليست كالمناظرة التي هي الآن بين أيدينا. ولكن كما يقول المثل، يتطلّب الأمر اثنين لرقص التانغو، وهناك شريك تانغو آخر في هذه المناظرة.

يشتمل الجدل على المتطلَّب لاستنبات خلايا الكتلة الخلوية الداخلية (ICM) من أجل مساعدتها على الاحتفاظ بصفتها كخلايا شاملة الوسع[9]. وهذا يعني أخذها في عمرٍ صغير، قبل أن يتمّ تشغيلها أو إيقافها لتصبح نسيجاً معيّناً. بتعبير آخر، يعني ذلك أخذها عند المستوى الجنيني - كما يُحتمَل أنك قد خمّنت - قبل أن تولَد. اعتقد ويلموت (ولا يزال) أنّ هذا لا يمكن أن يحدث إلا عند المستوى الجنيني، بالرغم من أنّ عالماً يُدعَى جيم ماكوير قد بلغه مع الضفادع عند المرحلة بعد الجنينية[10]. ولكنّ الضفادع ليست من الثدييات، وهكذا كانت جهود ويلموت لبلوغ شمولية الوسع لدى الثدييات. يثير هذا الأمر مخاوف لدى البعض بالنسبة إلى الحيوانات. ولكن ابدأ بالحديث عن خلايا جذعية جنينية من كلّ الثدييات (أيّ البشر) وتحتدم المناظرة بسرعة بالمزيد جداً من المعارضين[11].

بدأ ويلموت وزملاؤه هذه العملية بنعجتَين، هما ميغان وموراغ، المذكورتان أعلاه، واكتشفوا إمكانية إعادة برمجة الخلايا وتعليمها أن تستعيد صفتها كخلايا شاملة الوسع[12]. أظهرت ميغان وموراغ لويلموت وزملائه في العام 1993 أنّ هذا الأمر ممكن بإثبات أنّ دورة الخلية هي أكثر أهمية بكثير من تمايز الخلية (لعلّ دورة الخلية هي أهمّ الأوجه على الإطلاق). بتعبير آخر، أظهرت ميغان وموراغ للعالَم (بالرغم من أنّ

القصة قد نُشِرت في الدرجة الأولى في المملكة المتحدة) أنّ استنساخ الثدييات ممكن من خلايا بالغة إذا أُجبِرت تلك الخلايا على دخول طور رقاد فقط لتخرج من دورة النمو ومن ثمّ تدخلها قبل نقل الجين[13]. حاكى استقبال ميغان وموراغ خارج الأوساط العلمية ما قيل في الفصل 1، وهو أنّ ما كان يُنجَز هنا يمكن إمّا أن يُنتِج معجزات عظيمة أو مسوخاً عظيمة (كما جاء فعلياً في العنوان الرئيسي لإحدى الصحف). بالنسبة إلى العلماء، ثبت أنّ ميغان وموراغ كانتا أكثر إثارةً علمية من دوللي، ولكنّ دوللي أثارت اهتمام الرأي العام أكثر.

وبالتوصّل إلى تقنية استنساخ ثديّ، بدأ ويلموت وزملاؤه جدّياً بالعمل على دوللي. إنّ ما جعل دوللي تثير اهتمام وسائل الإعلام إلى هذا الحدّ هو أنها استُنسِخت من خلية بالغة. ولكنّ دوللي لم تأتِ إلى عالم الوجود فوراً. أخذ ويلموت وكامبل 277 جنيناً من الخلايا الثديية لشياه (جمع شاة) دورست الفنلندية وبقي لهما منها 247 فقط. ومن هذه، بدأ 29 فقط عملية تطوّر صحيحة وتمّ غرسها في 13 نعجة. من الغرسات الـ 29، أصبحت نعجة واحدة حاملاً وأنجبت دوللي. كان الاحتمال بالتأكيد ضئيلاً جداً – 1 من 277 – وبإمكان المرء فقط أن يفكّر ماذا كان سيحدث لو أنهما جرّبا 1 من 276 (مع إسقاط الخلية الناجحة لدوللي). من ناحية أخرى، فإنّ الاحتمال فعلياً هو 1 من 13 فقط وهذا المعدّل هو نفسه تقريباً عندما يُستخدَم التلقيح في الزجاج في البشر[14]. ومع ذلك، فإنّ معدّل النجاح كان، ولا يزال، موضوعاً للخلاف لأنه يتطلّب الكثير جداً لربح القليل جداً. أثبتت النعجة التالية، بوللي، أنّ كلّ التكنولوجيا الحيوية الضرورية لميغان، وموراغ، ودوللي يمكن الآن الاعتماد عليها كحقيقة علمية؛ أيّ أنّ دوللي لم تكن ضربة حظّ. جاءت بوللي أيضاً في الوقت المناسب تماماً، حيث أنهت الحكومة البريطانية منحتها لويلموت، مُجبرةً إياه على البحث جاهداً عن تمويل خاص[15].

إذاً، ما سبب أهمية كلّ هذه النعاج؟ لا داعي إلى ذكر ما هو واضح ولكن ها هو: هذه التقنية، التي اعتُبِرت مستحيلة على مدى 100 عام، هي الآن ممكنة. إنها تذكّر المرء بدورة الدم. اعتقد العالم اليوناني غالين (200 قبل الميلاد)، وهو أوّل من فكّر بالدم بشكلٍ جدّي، أنّ الدم كان يتجدّد مع كلّ ضربة قلب. وبعد ذلك بقرون، حدّد ويليام هارفي (1578–1657) كيفية تدفّق الدم بالضبط (أي أنه يدور ولا يتجدّد مع كلّ ضربة قلب). في حالة دوللي، أصبح الاستنساخ الآن حقيقة للتكنولوجيا الحيوية

العلمية. قبل ثلاثة أو أربعة عقود فقط، ظُنّ أنّ جراحة القلب كانت مستحيلة. واليوم هي روتين. ومع دوللي الآن في الصورة، يعتقد الكثيرون أنّ الاستنساخ سيصبح في النهاية روتيناً، وهناك عدد غير قليل تزعجه هذه الفكرة.

يعتقد ويلموت وزملاؤه أنّ الاستنساخ هامّ للاكتشافات الطبية الحاسمة[16]. تخيّل أنّ هناك نعجتَين أو ثلاث نعاج يمكن تجربة أدوية مختلفة عليها لتحديد الدواء الأفضل. هذه هي الفكرة التي راودت ويلموت وزملاءه. ولكنّ ما أقلق البعض هو أنّ ويلموت ليس العالِم الوحيد العامِل في الاستنساخ، وليس لدى جميع العلماء الدوافع الإيثارية نفسها (بالرغم من أنّ ويلموت قد صان تقنياته في الاستنساخ ببراءة اختراع، بالطبع). سندرس أدناه ماهيّة بعض المشاكل وسبب قلق عدد غير قليل من العلماء والأشخاص العاديين (غير الاختصاصيين) بشأن الاستنساخ وبشأن قبوله النهائي.

إنّ ما يبقى في ذهن الجميع هو، بالطبع، الاستنساخ البشري. يرى ويلموت وزملاؤه "الاستنساخَ البشري كانحراف بشع تماماً، وكإجراء طبي غير ضروري وبغيض بشكلٍ عام"[17]. ولكنهم أيضاً جعلوا الفكرة مرجّحة أكثر علمياً بتبيان كيف يمكن أن تُنفَّذ في الثدييات. لا يتردّد ويلموت وآخرون في الإشارة إلى أنه بالرغم من أنهم يجدون الاستنساخ البشري بغيضاً، إلا أنهم لا يستطيعون أن يُخبروا بقية العالم ما الذي يجدر بهم فعله بالاستنساخ أو ما الذي يجدر بهم استنساخه.

وبالفعل، تذكّر من الفصل 3 ريتشارد سيد الذي وعد باستنساخ إنسان في العام 2000[18]. ليس لدينا إنسان مُستنسَخ بعد وهذا يطرح السؤال: كم سيستغرق الأمر؟ فترة طويلة بلا شكّ، ولكن هكذا فعل التخصيب الاصطناعي، التي ظُنّ في ما مضى أنه مستحيل لأنّ منيّ الذكر يجب أن يكون حديثاً. ولكنّ تقنيات التخصيب الاصطناعي سمحت بتجميد المنيّ، ما جعل العملية إجراءً روتينياً اليوم. إنّ الجدل بأنّ الاستنساخ البشري لا يمكن أن يتمّ، يعني إهمال القصة التي يعلّمنا إياها التاريخ. أمّا الجدل بأنه لا يجب أن يتمّ فيمثّل مناظرة أخلاقية أكثر معقولية. إذا تخطّينا الحدود في ذلك الاتجاه، فإنّ فيلم *Multiplicity*، بالرغم من أنه سخيف تقنياً، قد يصبح فعلاً حقيقة مستقبلية لا تبدو جذّابة جداً[19]. وبالفعل، فإنّ مفاقس هوكسلي تبدو أكثر فأكثر كتوقّع منها كخيال.

أوقف تشريع الكونغرس كلّ الاستنساخ البشري في الولايات المتحدة. يمنع HR 923 استخدام الأموال الفدرالية لاستنساخ بشر ويفرض أيضاً غرامة صغيرة ($5,000). أقدمت أكثر من اثنتَي عشرة ولاية، أو ستُقدِم، على إقرار تشريع مماثل وطالبت الرئيس

جورج و. بوش بجعل الاستنساخ البشري جُرماً فدرالياً[20]. أثار البعض مخاوف أخلاقية جدّية في ما يتعلق بما إذا كان الاستنساخ يعرِّض حقّ الإنسان بهويّة فريدة للخطر[21]. وركّز آخرون على الجانب الديني للسؤال، سائلين ما إذا كنا نملك هذا الحقّ. أكثر الأشخاص بروزاً في هذه المناظرة هو ليون كاس، رجل الرئيس بوش المعيَّن لإدارته حول الاستنساخ والهندسة الوراثية. قاد كاس الجانب الأخلاقي لهذه المناقشة قبل فترة طويلة من تعيينه رئيساً لمجلس الرئيس المعنيّ بالأخلاقيات الحيوية[22]. وقد قاد المناقشة بذكاء وقوة. كان كاس محورياً في إلغاء الاستنساخ البشري ويوافق معظم الخبراء الآن على أنّ الاستنساخ لإنتاج أطفال (CPC) هو عملية تنطوي على مخاطر جمّة ويجب أن يُمنَع[23]. باستثناء أناس مثل سِيد، فإنّ الاستنساخ البشري سيكسب على الأرجح القليل من المؤيّدين ولكنّ المناظرة ستستمرّ في الاحتدام.

ولكنّ قوانين حظر الاستنساخ لم تبدأ إلا بعد أن ابتُلي علم الاستنساخ بالخدعة تلو الأخرى. ما كان غريباً في المناظرة هو كتابٌ لديفيد رورفيك عنوانه **استنساخ الإنسان** *In His Image: The Cloning of Man* (ليبينكوت، 1978). ادّعى رورفيك أنه قد شارك في استنساخ مليونير منعزل[24]. تبيَّن أنّ القصة كانت خدعة ووجّهت لكمة للعلم في الوجه، ولكن ليس قبل أن تثير ضجة إعلامية أكبر من تلك لدوللي. وبالرغم من أنّ هذا الكتاب قد صدر قبل وقت طويل من استنساخ الثدييات، إلا أنه تلقّى استقبالاً معقولاً بالرغم من أنّ مؤلّفه لم يستطع أن يدّعي مؤهلات أكثر من كونه كاتباً مستقلاً. تؤكّد سلسلة أحداث رورفيك على ضرورة دراسة كلّ ادّعاء بدقّة وشمول.

وبعد ستّ سنوات من استنساخ دوللي، ادّعى الرائيليون أنهم أنتجوا المُستنسَخ البشري الأوّل، وهو فتاة صغيرة سُمِّيت إيف (حوّاء). تابعت الصحافة المتحمّسة وعامّة الناس الساذجين القصة إلى أن ألحق إعلاميّون بارزون، مثل كوني تشانغ، الأذى بصدقيتهم. رائيل هو الصحفي الفرنسي السابق كلود فوريلهون وقائد الرائيليين. عندما رفض كلّ من رائيل وبويسلير وهي المشرفة العلمية والمديرة التنفيذية لشركة كلونيد التابعة للرائيليين السماح بفحص مستقلّ لإيف أو أمها، أصبحت الخدعة معروفة بالكامل[25]. إنّ قليلاً من العلم كان سيُخمِد هذه القصة على الفور. عندما أصبحت القصة علنية، لم يكن أيّ مُستنسَخ بشري قد تجاوز أبداً بضعة انقسامات خلوية.

ومع ذلك، افترِض أننا سنهمل الاستنساخ البشري ونبحث فقط في الاستنساخ الحيواني، فهل سيغيّر ذلك المناظرة؟ بعض الشيء، ولكن ليس كثيراً. ففي حين أنّ البعض قد جادل بأنّ الاستنساخ الحيواني سيقود إلى عمليات زرع أعضاء من الحيوان في الإنسان تكون أكثر وأفضل، إلا أنّ آخرين، مثل مناصري PETA، يجادلون بأنّ استنساخ الحيوانات من أجل قتلها ينتهك جميع المبادئ الأخلاقية المعروفة. ومع ذلك، فإنّ عمليات زرع الأعضاء من الحيوان في الإنسان يمكن أن تنقذ آلاف الناس الذين يعانون من أمراض في القلب، أو الكلية، أو المعدة، وأن تقدّم الأمل حتى لمرضى الإيدز[26]. ويشير آخرون إلى أنّ الحيوانات المعدّلة وراثياً يمكن أن تعمل كأنابيب اختبار حيّة أو أن تزوّد بوسيلة لمنع انقراض النوع[27]. وفي حين أنّ كلّ هذا قد يكون صحيحاً، إلا أنّ القليل جداً منه يُلمِع إلى الحيوانات وألمها.

تقنيات أخرى

حتى الآن، فإنّ الأبقار، والشياه، والماعز، والحشرات، والفئران، والطيور، والدجاج، والغزلان، والأسماك، على سبيل المثال لا الحصر، قد تمّ استنساخها أو إنتاجها بطرق الهندسة الوراثية. وقد عادت هذه العمليات الاستنساجية بفائدة، حيث أصبح عددٌ من التقنيات مألوفاً، بالإضافة إلى النقل النووي. يستخدم النقل النووي إبراً صغيرة ومنابلة مجهرية لإقحام نواة وحمض نووي في بويضة منزوعة النواة[28]. يرى معظم العلماء هذه كأفضل تقنية لاستنساخ الثدييات في الوقت الحاضر. أمّا تقنيات الاستنساخ الحيواني الأخرى (معرّفة بشكلٍ عام)، ففي حين أنها لا تؤدّي إلى مُستنسَخ دوماً، إلا أنها تبرز في العملية علمياً، وإنْ كان محيطياً. يتيح ما اصطلح على تسميته العدوى العابرة transfection إقحام الحمض النووي في الخلايا الحيوانية، أولاً في الخلايا ولاحقاً في الجينوم[29]. يتيح التعداء الكيميائي إقحام الحمض النووي في حضور الخلايا[30]. ويشتمل شطر المضغة (المضغة هي الاسم الذي يطلق على الكائن البشري في الأسابيع الثمانية الأولى من نموه في رحم المرأة) embryo splitting على أخذ جنين صغير وتقسيمه إلى أنصاف، أو أثلاث، أو أرباع، واستحثاث الجنين المقسَّم على بدء عملية النموّ. تُنتج هذه التقنية توائم ثنائية، أو ثلاثية، أو رباعية، وقد عُمِل بها لفترة زمنية أطول بكثير من النقل النووي[31]. يُنشئ استنساخ الخلية الجنينية مُستنسَخاً من الخلايا شاملة الوسع، بينما ينتفع استنساخ الخلية الجذعية من الخلايا الجذعية التي تنمو في وقتٍ مبكر جداً في حياة الخلية. وفي كلّ حالة، يمكن أن يكون عدد

المُستنسَخات قليلاً جداً (في حالة دوللي، واحداً، وفي حالة تقنيات أخرى، ثلاثة أو أربعة)[32].

يُخضِع التثقيب الكهربائي electroporation الخلايا لحقل كهربائي، ما يجعلها تعالج حمضاً نووياً جديداً بصورة أسرع[33]. وهناك تقنيات أخرى مثل تقنية كابيتشي Capecchi، في حين أنها ليست مُتقنة بعد لاستنساخ الحيوانات، إلا أنّ العمل جارٍ عليها لجعلها كذلك[34]. وفي حين أنّ دوللي تبقى شيئاً أشبه بمعجزة علمية، إلا أنّ معدّل الإنتاج لأيّ من هذه التقنيات لا يزال منخفضاً وهي مستمرّة جميعاً في الإسهام في المعضلات الأخلاقية. آخذين في الاعتبار معدّل المردود، إذا نجح أيّ من هذه التقنيات فعلياً على البشر، فإنّ المناظرة الأخلاقية ستتحوّل من دافئة إلى متوهّجة. هل نريد أن نضحّي بأكثر من 200 مُستنسَخ بشري للحصول عل نسخة واحدة ناجحة؟

بالرغم من أنّ الحيوانات المعدّلة وراثياً تختلف عن المُستنسَخات، إلا أنها يمكن أن تُناقَش في نفس اللحظة، إذا جاز التعبير، لأنّ الحيوانات المعدّلة وراثياً هي حيوانات بحمض نووي إضافي لا ينتمي إليها، أو بحمض نووي مختلف عن ذاك الذي يُفترَض أن تملكه. غالباً ما يستخدم العلماء طريقة تُعرَف بحقن اللاقحة zygote injection لإنجاز ذلك. تتيح هذه الطريقة الأكثر فعّاليةً حقنَ الحمض النووي في اللاقحة ومن ثمّ تتيح لتلك اللاقحة أن تنمو في أمّ حامل حملاً كاذباً (أمّ حامل لاتزاوجياً)[35]. ترجع أهمية هذه التقنية إلى أنها تتيح للعلماء أن يدرسوا الخلايا ونموّ الخلية بينما تتيح لهم في الوقت نفسه أن يعزلوا خلايا متنوّعة وحمضاً نوويًّا للملاحظة في سياق معزول. وهي تتطلّب أن تُزال اللاقحة من فأرة (الحيوان الأكثر استخداماً)، مثلاً، تزاوجت قبل ذلك بلَيلة، ومن ثمّ تُقحَم اللاقحة في النواة الأوّلية للذكر باستخدام مجهر. ولاحقاً، تُنقل اللواقح إلى قناة البويضات لفأرة أخرى. تُسفر هذه العملية عن معدّل بقاء يبلغ عادةً 50 بالمائة، تُكمِل 20 بالمائة منها فقط إلى النهاية. وهناك إجراءٌ آخر يسمح بالمزج الفعلي للخلايا من جنينَين مختلفَين، لإنتاج ما يُسمّى بالكِمِّير (كائن خرافي له رأس أسد وجسم شاة وذنب حيّة)[36]. يتيح هذا أنواعاً مختلفة من الدراسة ستكون بغير ذلك مستحيلة. وفي حين أنّ معدّل النجاح أعلى، إلا أنّ العديد من هذه الحيوانات لا تبقى على قيد الحياة لفترة طويلة ويتّفق معظم الخبراء على أنها تعاني ألماً بالفعل، بالرغم من اختلافهم حول مقدار هذا الألم.

بالطبع، فإنّ التجارب على الحيوانات مستمرّة منذ عقود، ولكنّ قدوم دوللي أتاح إجراء تجارب أشمل، لم يكن لدينا وصولٌ إلى مثلها من قبل. تطرّقنا آنفاً إلى أسباب هذا: تتيح الحيوانات المُستنسَخة للعلماء أن يقوموا بكلّ أنواع الاختبارات في ما هو عيّنات متطابقة لرؤية ما يحدث لفائدة حيوانات أخرى أو لفائدة الناس. بالإضافة إلى الأمراض المذكورة أعلاه، من المرجّح أن تستفيد علاجات السرطان، وداء ألزهايمر المأساوي، والتصلّب العصيدي، والداء السكّري النوع الأوّل، وفرط ضغط الدم، وما يُسمّى بالاستماتة apoptosis (موت الخلية). يؤدّي موت الخلية إلى أورام، وإلى ضعف الجهاز الحسّي، وإلى أمراض المناعة الذاتية. بوسم الجينات والاشتغال عليها في سياق الاستنساخ، أو بشكلٍ منفصل، حقّق العلماء تقدُّماً هائلاً في السعي وراء علاجٍ أو شفاء للأمراض[37]. ولكن، ومن جديد، كم من التقدُّم هو قابلٌ للنقاش. لا يشكّ أحدٌ في أننا قد قطعنا شوطاً طويلاً خلال السنوات العشر الماضية فقط، ومع ذلك ليس هناك تغيُّر حقيقي في معدّل الشفاء لأيّ من هذه الأمراض بالمقارنة مع ذاك قبل استخدام هذه التقنيات.

ينظر البعض إلى الاستنساخ الحيواني كزراعة حيوانية ويفضّله بسبب الإمكانات أو الفوائد المحقّقة بالفعل للجنس البشري. ويراه آخرون كانتهاك للسلوك الأخلاقي والأدبي. إنّ الناس المتبنّين لوجهة النظر اللاحقة غالباً ما يكونون منذهلين بشدة لتبديد المادة الحيوانية من أجل إنتاج حيوان معدّل وراثياً. على سبيل المثال، في إحدى حالات الأبقار المعدّلة وراثياً، استُخدِمت 2,470 بيضة، نضجت منها 2,297 بيضة، ومن هذه خُصِّبت 1,350 بيضة، ثمّ حُقِنت 1,154 بيضة منها بحمض نووي بشري. نجح الإجراء على 981 بيضة، وبدأت 687 بيضة منها تطوّراً جنينياً، ونُقِلت 129 بيضة من هذه إلى قنوات البويضات البقرية، وأصبحت 21 بقرة حاملاً، ووُلِد 19 عجلاً، ما أنتج فقط ثورَين فعليَّين معدّلَين وراثياً[38].

وحتى مكتب براءة الاختراع والعلامة التجارية الأميركي أصدر تعليقاً (تمّ إلغاؤه لاحقاً) على ثلاثة أنواع من الفئران المعدّلة وراثياً بسبب الألم الكامن الذي عانت منه حتماً. على سبيل المثال، عُدِّلت جينات فأر هارفارد OncoMouse الشهير جداً وراثياً حيث أصبح عرضة للغاية للإصابة بالسرطان. تمّ لاحقاً تسجيل براءة اختراع لهذه العملية[39]. يصبح السؤال هو ما إذا كان ينبغي علينا أن نضحّي بالحيوانات لإنقاذ البشر من أمراض شائعة. وفي حين أنّ الإجابة ستبدو واضحة للبعض، إلا أنّ البعض

الآخر ليس مستعدّاً جداً للموافقة. نظرياً، جواب هذا السؤال سهل. ولكن تخيّل أنّ هناك طفلاً يعاني من مرض مميت يمكن شفاؤه أو تخفيفه إلى حدّ كبير، إذا أمكن فقط استخدام معالجة جينية معيّنة.

وهناك فأرٌ آخر معدّل وراثياً، يُشار إليه بالفأر البشري Human Mouse، وقد وُجِد قبل دوللي بفترة طويلة (منذ العام 1988)، ولكنه لا يزال مادّةً للأخبار، بالرغم من أنه ليس لافتاً للأنظار بقدر دوللي. الجهاز المناعي في الفأر البشري هو ذاك لإنسان عبر عملية إقحام الجين[40]. يتيح الفأر إجراء أنواع مختلفة من التجارب تشتمل على تفاعلات الأدوية مع الجهاز المناعي البشري. من الواضح أنّ إجراء تجارب كتلك على البشر هو أمرٌ مستحيل أخلاقياً اليوم، ولهذا، فإنّ هذه الفئران تزوِّد بسبل بحث عظيمة.

استنساخ الحيوانات: مشاكل وإمكانيات نجاح

تستمرّ الأبحاث في استنساخ الحيوانات والتعديل الوراثي. قد يكون لتقنيات احتواء التعبير الجيني المفرِط overexpression للحليب في الفئران بعض التطبيق المستقبلي في حيوانات المزرعة المجترّة، مثل تقليل الإمكانية لعدم تحمُّل اللاكتوز. كما أنّ زيادة الماء في الحليب (بتقليل اللاكتوز) سيقلّل الاحتقان الثديّ في الأبقار بينما يقلّل الإنتانات (العدوى). ومن خلال التعبير الجيني المفرِط عن هرمونات نموّ معيّنة لدى حيوانات معدّلة وراثياً، تمكّن العلماء من زيادة حجم الجسم الإجمالي. وأدّى استخدام نفس التقنية على الأسماك (مثلاً، السلمون، والشبّوط، والسِّلَّور) إلى زيادة حجمها أيضاً. في حالة السلمون، على سبيل المثال، تكون النتيجة سلموناً أفضل، وأكثر دهناً ولحماً[41]. وأدّى استخدام طريقة مماثلة على الخراف المعدّلة وراثياً إلى زيادة نموّ صوفها[42].

بالرغم من أنّ تحسُّن هذه التقنيات هو أمرٌ مؤكّد، إلا أنّ الاستنساخ التناسلي ليس متوقّعاً للسببَين المذكورَين أعلاه: الكلفة المرتفعة والنِتاج المنخفض. ومع ذلك، فإنّ ما سيحدث بدون شكّ هو الاستنساخ التناسلي لحيوانات فريدة أو معرّضة للانقراض. وبالرغم من أنّ النتاج منخفض، إلا أنّ كسب الوقت لهذه الأنواع (حتى اثنين أو ثلاثة في كلّ مرة) سيكون مؤاتياً في أذهان الكثيرين. إلى حين كتابتي لهذه السطور، تبقى أبحاث الحيوانات المتعلقة بالمعالجة الجينية غير حاسمة. ففي حين أنّ الفئران العقيمة قد عولجت بإقحام الجين لتصبح خصيبة، إلا أنّ استهداف أمراض محدّدة

يبقى، في أحسن الأحوال، أمراً منطوياً على مخاطرة[43]. لا يزال إقحام الجين الغريب في الحيوانات يؤدّي إلى تأثيرات جانبية خطيرة وحتى إلى الموت. من الواضح أننا بحاجة إلى المزيد من الأبحاث، بالرغم من أنّ البعض سيجادل أنه بالنظر إلى هذه التأثيرات الجانبية المؤذية، فإنّ التعديل الوراثي بأكمله يجب أن يتوقّف فوراً. إنّ إقحام كائنات مُمرِضة خطِرة أو مميتة احتمالاً في حيوانات معدّلة وراثياً لا يزال يثير العديد من المخاوف، ترجع جميعها إلى مناظرات أسيلومار المناقشة في الفصل 3. هل يمكن اتّباع هذه الإجراءات بدون أيّة إمكانية لعدوى وعواقب غير مقصودة، أو هل هي خطِرة جداً لأن تُحاوَل؟ يقول معظم العلماء، وليس كلّهم، نعم. وهناك آخرون أقلّ تفاؤلاً، وأقلّ ثقة، ويميلون لجهة التعليق (الإيقاف).

يتطلّب هرمون النموّ البقري (BGH، ويُشار إليه أيضاً بـ BST، أو هرمون سوماتوتروبين البقري)، المذكور في الفصل السابق تعليقاً إضافياً هنا. يُحقَن BGH (rBGH) المؤتلف في الأبقار ويحاكي هرمون نموّ طبيعياً يزيد إنتاج الحليب في تلك الأبقار[44]. ليست هذه زيادة صغيرة، حيث تصل إلى 10 بالمائة على أقلّ تقدير، وإلى 20 بالمائة أو أكثر قليلاً على أكثر تقدير. قد يبدو هذا رقماً صغيراً للوهلة الأولى، ولكن ضعه في السياق: إذا استطعت أن تزيد دخلك بنسبة 10 أو 20 بالمائة، فهل سيهمّك الأمر؟ تلك هي الطريقة التي يفكّر بها بعض أصحاب مزارع إنتاج الألبان.

بدأت المناظرة بشأن هذه العملية عندما اكتُشِف أنّ الـ BGH يجب أن يُضفر في صديقتنا القديمة، الإشريكية القولونية، البكتيرية المعروفة جيداً. قبل أن تتوفّر جميع المعلومات، وحتى قبل عقد تقريباً من تقرير إدارة الغذاء والدواء الأميركية (FDA) بأنّ الـ BGH كان مأموناً للأبقار، وافقت الـ FDA على أنّ الـ BGH كان مأموناً للبشر. جادلت الـ FDA بأنه لم يكن هناك اختلاف بين الحليب الطبيعي والحليب المعزّز بالـ BGH. ولكنّ الحليب المعزّز بالـ BGH يملك بالفعل تركيباً جزيئياً مختلفاً عن الحليب الطبيعي ويسبّب بالفعل بعض المشاكل في الأبقار، وهي مشاكل تُحاكَى، أو يمكن أن تتواجد، في البشر[45]. قبل أن تنتهي المسألة، كان الـ BGH قد أصبح احتجاج الساعة. وبالنظر إلى حدّة المناظرة وتطرّفها، يمكن للحليب المعزّز بالـ BGH أن يكون عديم الأذى بقدر الماء أو مميتاً بقدر الطاعون الدبليّ bubonic plage.

تبيّن أنّ اللاحق لا يعدو كونه هراء ولكن، كما ذكرنا في الفصل السابق، كان

بإمكان التعريف بالمحتوى (لجهة التعديل الوراثي) أن يحلّ كثيراً من هذه المشكلة. فأولئك الذين لا يقلقهم الحليب المعزّز بالـ BGH يجب أن تكون لهم الحرّية في شربه. وفي حين أنه ينطوي على إمكانية بالفعل لبعض تفاعلات الحساسيّة (كما يفعل الحليب الطبيعي للعديدين)، إلا أنّ الدليل حتى الآن لا يبدو مترابطاً منطقياً. طرح البعض أيضاً السؤال حول السبب الذي يستوجب قلق العلماء، لأنّ استهلاك الحليب قد قلّ على مدى العقدَين الماضيين، ما يشير إلى فرط في العرض. ويشير آخرون إلى مناطق في العالم الثالث هي في أمسّ الحاجة إلى المزيد من الحليب.

ومع ذلك، فإنّ النقطة التي لا تزال تثير مخاوف العديدين هي استعماله طويل الأمد. على سبيل المثال، لم نكن نعرف أنّ المقادير المفرِطة من الدهن تُسهم بشكلٍ ملحوظ في اعتلال القلب الخطير إلى أن مات ملايين الناس منه. يخشى البعض أننا سنكتشف بعد عشرين سنة من الآن أنّ الـ BGH يُسهم في بلوغ نهاية مماثلة لأولئك الذين يستهلكونه الآن.

بالرغم من أنّ كندا قد قاومت الـ BGH، إلا أنّ الولايات المتحدة قبلته بشكلٍ عام. يبرز استثناء واحد جدير بالملاحظة؛ شركة بن أند جيري للآيس كريم[46]. عارضت هذه الشركة، المعروفة بما أسماه البعض سياستها المتطرّفة، الـ BGH لبعض الوقت. واشتملت المعارضة أيضاً على معركة قانونية. باع بن وجيري شركتهما بعد ذلك، الأمر الذي أثار قلق موظّفيهما المماثلين لهما في الرأي.

استفاد أصحاب مرابي الحيوانات في أميركا، أو قد يستفيدون في نهاية المطاف، من الحيوانات البيئية المُستنسَخة أو المعدّلة وراثياً[47]. إذا كنت قد علقت أبداً خلف شاحنة على الطريق السريع تنقل الحيوانات إلى السوق، فلستَ بحاجة إلى إخبارك بالشيء الذي يحتاج إلى تصحيح. ولكنّ الرائحة المنتنة هي فقط جزء من المشكلة. فروث الحيوانات، إذا أُطلِق في المجاري المائية، سيؤدّي إلى مرض واسع الانتشار وإلى قتل الأسماك. أحد أسباب هذا هو الفوسفور في غذاء الحيوانات من النباتات والأغذية الأخرى. إذا أمكن تغيير الفوسفور أو الحيوانات لجعله (أو جعلها) صديقاً للبيئة، فسيكون في الإمكان حلّ المشكلة. يعتقد الكثيرون أنّ الحيوانات المعدّلة وراثياً التي تصنع إنزيم الفيتاز phytase الخاص بها ستحلّ المشكلة بإلغاء الرائحة المنتنة. لم يتمّ بعد إنجاز هذا بصورة مُتقَنة ولكنّ العمل مستمرّ. يدّعي مؤيّدو الحيوانات البيئية أنه في حال إتمامها، فإنّ هذه الحيوانات ستُنتج إمّا سماداً ذا محتوىً أقلّ من

الفوسفور، أو سماداً أقلّ نتانة، أو كليهما.

أثيرت ضجة إعلامية كبيرة حول دوللي، ولكن القليل منها فقط حول جين Gene، البقرة المُستنسَخة الأولى. اختلفت التقنية المستخدَمة مع جين عن تلك المستخدمة مع دوللي وزميلاتها لجهة أنّ الخلايا المستخدَمة كانت شاملة الوسع بدرجة أكبر بكثير. ولكنّ هذه المقاربة تروق لأصحاب المرابي والمزارعين لأنّ من شأن الذرّية أن تُعطي نوعية لحم متماثلة وإنتاجَ حليب مرتفعاً[48]. حوّلت بعض مختبرات الحيوانات حيواناتها إلى ما يُسمّى بمفاعِلات حيوية، أو ما أُشير إليه بالمكافئ الحيّ لمفاعِلات كتلك. تُنتِج هذه الحيوانات بروتينات مرغوبة متنوّعة لن تتواجد بصورة طبيعية، من أجل أبحاث إضافية[49]. أُشير إلى هذه الحيوانات في الصحافة (المعادِية غالباً) بالحيوانات المُنتِجة للعقاقير، تشبيهاً لها بالصيدليات[50]. وفي أخبار الحيوانات المُستنسَخة، أُعلِن في صيف العام 2005 عن ولادة أوّل كلب مُستنسَخ ناجح، "سنوبي". كان قد استُنسِخ قبله كلبٌ ومات، ولكن بعد أكثر من 16 أسبوعاً، لا يزال الكلب سنوبي بصحة جيدة. ووفقاً لوو سوك هوانغ، رئيس فريق الأبحاث الكوري، فإنّ للكلاب خصائص مشابهة للإنسان. فبعض أمراض الكلاب تتطابق تقريباً مع أمراض البشر، ما قاد الباحثين الكوريين وغيرهم في المجتمع العلمي للإعلان عن هذا الاستنساخ الناجح بتبويق شبيه بذاك لدوللي[51].

استنتاج

كيف سنوازِن بين الحاجة إلى البحث في أمراض بشرية متنوّعة باستخدام الحيوانات، وبين حقوق الحيوانات نفسها؟[52] من الواضح أنّ أبحاث الحيوانات قد زوّدت ببحث رائد في أمراض صعبة تحديداً مثل اللياف الكيسي والنفاخ، بالرغم من أنّ كليهما بعيدٌ جداً عن إيجاد علاج له. كيف سنستطيع، في مجتمع تعدُّدي، أن نكون حمائيين للاعتبارات الأخلاقية للآخرين عندما تختلف عن اعتباراتنا الخاصة أو حتى عن اعتبارات الغالبية؟

ليست الإجابات متاحة بسهولة. فمن جهة، نجد الباحثين متحمّسين للشروع في هذا البحث وبالتالي قد يكون لديهم تضارب في المصلحة يمنعهم من أن يُصدروا الحُكم الأفضل. ومن جهة أخرى، فإنّ أولئك المعارضين لمعظم أو كلّ أبحاث الحيوانات لديهم أيضاً تضارب في المصلحة، بالرغم من أنه يختلف عن ذاك للباحثين. يبدو أنّ إقامة مجالس نقد review boards هو بديل صائب (بالرغم من

أنّ مجالس مماثلة كانت غالباً غير فعّالة أو أتاحت ما اعتبره البعض الكثير جداً من حرّية العمل أو الاختيار).

ربما يمكننا أن نركّز على ما نعرفه. عندما يتعلق الأمر بمعالجة أمراض بشرية أو حيوانية قابلة للمنع، فقد يكون من الأفضل إعطاء الباحثين المزيد من حرّية العمل ولكن مع فرض تعليمات صارمة جداً. يجب منع الاستنساخ الحيواني إذا لم يكن لهدف إحداث تحسُّن واضح في مجالٍ بشري أو حيواني. ويجب تنظيم براءات الاختراع الخاصة بالحيوانات، أو تلك الخاصة بالحياة من أيّ نوع كان. ومثل معظم المساعي البشرية، عندما تُجنَى مبالغ ضخمة من المال من قِبَل مجموعات صغيرة، فإنّ الخطر المحتمل للأخطاء يرتفع بصورة هائلة. يمكن لبعض التنظيم للاستردادات (على سبيل المثال، أُطلِق على أقحوانة معدّلة وراثياً اسم جامعة المال Moneymaker من قِبَل مصمّميها، ربما توقُّعاً منهم للنتيجة المأمولة) أن يقلّل احتمالات البحث لتلك النهاية وحدها[53].

إنّ استنساخ حيوانات أكثر لحماً أو حيوانات مزرعة بإنتاج أعلى للحليب هو أقلّ وضوحاً من الناحية الأخلاقية، لأنّ الحاجة إلى حيوانات كتلك هي أقلّ وضوحاً. ومع ذلك، فإنّ احتياجات مثل تلك للأرزّ ومحاصيل أخرى في البلدان المتخلّفة تثير قضايا بشأن الجوع والقضاء عليه، وبالتالي، تشكّل حافزاً لاستمرار هذا البحث. هناك حاجة إلى المزيد من الدراسة والبحث إذا كانت هذه الحيوانات ستؤدّي، في الواقع، إلى حلّ أو على الأقلّ تخفيف مشكلة الجوع في العالم.

لا شيء من هذه المخاوف يتناول المشاكل البيئية التي تطرحها الحيوانات المعدّلة وراثياً والمُستنسَخات الحيوانية. بالطريقة نفسها التي تُحدِث بها المحاصيل المعدّلة وراثياً مخاوف بيئية خاصة، فإنّ الحيوانات المعدّلة وراثياً والمُستنسَخات الحيوانية تفعل أيضاً. ماذا سيحدث إذا أُطلِقت هذه الحيوانات في القطاع الحيواني العام؟ نحن لا نعرف بعد، ولهذا السبب علينا أن نكون حذرين جداً. قد يرى بعض القرّاء أنّ هذا أمراً يسهل التحكّم به في حالة حيوانات مثل دوللي وبوللي. ولكن هناك نعاج، وأسماك وطيور على وجه التحديد، أثارت بالفعل قضايا أكثر خطورة بشأن التحكّم. إنّ الإطلاق غير المقصود لحيوانات معدّلة وراثياً أو مُستنسَخة لا يزال سبباً رئيسياً للقلق إلى أن يتمّ إجراء المزيد من الأبحاث. نحن فزعون بحقّ ممّا يُسمّى بالأعشاب الضارّة الخارقة، والتفكير على نحوٍ مماثل بشأن الحيوانات المعدّلة وراثياً

ليس أمراً غير عقلاني.

ليس ثمة شكّ في أننا قد دخلنا عالماً جديداً شجاعاً بتقنيات التعديل الوراثي والاستنساخ. وقد أحدثنا مخاوف أخلاقية خاصة بما ابتدعناه من محاصيل وحيوانات معدّلة وراثياً. ولأنّ لا سلوك المحاصيل ولا سلوك الحيوانات يمكن أن يقال عنه إنه مُتوقَّع بالكامل، فنحن لا نعرف الأخطار المحتملة التي حرّرناها أيضاً. عندما تُوزَن بدقّة، فإنّ الفوائد المحتملة (خصوصاً في حالة السيطرة على الأمراض البشرية والحيوانية وعلاجها) لا تزال ترجح المخاطر المحتملة. ومع ذلك، وفي خضمّ رغبتنا لجعل العالم مكاناً أكثر صحة وخالياً من المرض، نحن لا نستطيع أن نُغمِض أعيننا عن الأخطار التي قد تستلزمها تلك المخاطر.

6

حيث لم يصل أيّ رجل (أو امرأة) من قبل: مشروع الجينوم البشري

منذ أن ربط مندل السمات - الدقائق أو الجسيمات، كما أسماها - بالوراثة، عرف الإنسان بشأن قوة الجينات. وبالفعل، وحتى قبل ذلك، كما أشرنا في الفصل 1، لاحظ المراقِب أنه باستيلاد حيوانات بخصائص معيّنة، أمكن عادةً الحصول على سمة واحدة أو أكثر تكون مرغوبة أكثر من غيرها. ولكن إلى حين اكتشاف واطسون وكريك الشهير، كان معظم هذا التصنيف عملاً تخمينياً أكثر دقّة بقليل من توقّعات نوستراداموس. نعم، يمكن التوقّع به بحدود عامة عريضة، ولكن لا يمكن التوقّع به بالكثير جداً من النوعيّة (التخصّصية)، أو حتى من جيل إلى جيل. وحتى بعد وجهة نظر مصيدة الفئران الأفضل لواطسون وكريك حول البيولوجيا الحيوية، فسّرت الجينات الكثير. ولكن إلى أن نتمكّن من ملاءمة الجينات مع السمات (أو حتى مع الأمراض)، فإنّ أفضل ما يمكننا الحصول عليه سيكون شعوراً حدسياً بارعاً. مع اكتشاف الجينات، بدت المهمّة بسيطة: جِد عمل كلّ جين وسيكون لديك الحلّ للكثير من ألغاز الحياة البشرية والأمراض البشرية.

عندما اختبر مشروع الجينوم البشري نجاحه في 26 حزيران (يونيو) من العام 2000، كان لثلاثة علماء بارزين الفضل في نجاحه[1]. وقف عالمان، هما جيمس واطسون - نعم، واطسون ذاك المذكور في الفصل 2 - وفرانسيس س. كولينز،

وعالِمٌ ورجل أعمال متمرّد، هو ج. كريغ فنتر، وقفوا جميعاً مع الرئيس كلينتون في الغرفة الشرقية للبيت الأبيض واحتفلوا باستكمال الجهد الشاق لتسمية ذلك الجين، إن صحّ التعبير. كان كولينز قد جلب الشهرة لنفسه قبل ذلك بعشر سنوات باكتشافه الجين الذي يسبّب اللياف الكيسي. أمّا فنتر، الباحث الحكومي السابق والملقّب حالياً ببيل غيتس البيولوجيا، فقد أسّس شركة سيليرا جينوميكس Celera Genomics، وهي شركة خاصة أمِل أنها ستسبق الحكومة في التوصّل إلى رسم خريطة للجين.

وقف العلماء الثلاثة هناك مبتسمين، ولكنّ ابتساماتهم خبّأت ما عرفه معظم من كان في الغرفة: كان العداء بين الرجال الثلاثة كبيراً جدّاً ومحسوساً حيث كان يمكن قطعه بسكين، حارب فنتر وواطسون أحدهما الآخر لسنوات، بينما تخاصم كولينز وفنتر أحدهما مع الآخر أكثر من مرة. أدّى اختلاف وجهات نظرهم بشأن الطريقة الفضلى لمقاربة اصطياد الجين، واختلاف أفكارهم بشأن عمل كلّ واحد منهم، واعتدادهم بأنفسهم الذي ماثل حجم دول صغيرة، إلى جعل لحظة كوداك هذه أشبه بصورة لعائلة غوتي. لو أنهم وقفوا أمام الكاميرا كما يشعرون فعلياً تجاه بعضهم بعضاً، لبدت الصورة مثل مشهد من فيلم **القلب الشجاع** *Braveheart*، حيث واطسون وكولينز في طرف، وفنتر في الطرف الآخر[2].

أعلنت الحكومة الفدرالية في ذلك اليوم استثمارها البالغ 3 مليارات دولار في مشروع الجينوم البشري، مُوقِفةً بذلك عمل سيليرا جينوميكس. ستكون منافسة مخزن أموال الحكومة اللامحدود أساساً (لا تنسَ أنّ بإمكان الحكومة أن تطبع تدفّقها النقدي الخاص، ومنذ ذلك الحين كان هناك عجز في الميزانية)، مهمّةً مرعبة، بغضّ النظر عمّا إذا كان اسمك روكفلر، أو غيتس، أو سيليرا.

مثّلت الثلاثة مليارات دولار نحو 200 مليون دولار سنوياً للخمس عشرة سنة التالية، أو ما يعادل إجمالي الناتج القومي لعدة دول متخلّفة[3]. ولكنّ سيليرا كانت هناك لتُثبت أنّ واحداً من الأهداف الرئيسية لمشروع الجينوم البشري (انظر أدناه) - نقل التكنولوجيات إلى الصناعة الخاصة - سيُنفَّذ. كان مقدار المال المخصّص للمشروع هائلاً وأظهر فقط مدى الأهمية التي أولتها الحكومة الوطنية لمشروع الجينوم البشري. كان الكونغرس قد استثمر بالفعل في أبحاث الجينات قبل فترة طويلة من ذلك. فمنذ الحرب العالمية الثانية، كان لوزارة الطاقة الأميركية اهتمامٌ طويل العهد بالحمض النووي وطفراته[4].

كان واطسون قد ترأس بدايةً مشروع الجينوم البشري وأخّر بدايته حتى العام 1990. ولكنه سرعان ما شُوِّش باهتمامات خارجية. بلغت خلافاته مع علماء آخرين في معاهد الصحة الوطنية (مثل كريغ فنتر، الذي ترك معاهد الصحة الوطنية في العام 1992 لإطلاق سيليرا) ذروتها واستقال أخيراً بعد خلافات ناريّة عديدة مع برنادين هيلي، مديرة معاهد الصحة الوطنية[5]. لُقِّب فنتر بصبيّ البيولوجيا الشرير ويستمرّ في ارتداء ذلك التاج حتى اليوم[6]. وفي حين أنه ترك مشروع الجينوم البشري في بداياته، إلا أنه عاد في العام 2004 لإحراز قِطَع متوفّرة تجارياً من الحمض النووي لصنع جينومات بسيطة من أجل صنع أشكال حياة جديدة، وهي مجازفة تمّ انتقاده عليها بقسوة. كان كولينز الخيار المنطقي التالي لرئاسة المشروع، ولكنه لم يُرِد ذلك إلى أن قدّمت له هيلي عرضاً لم يستطع رفضه. أدّت ميزانية الثلاثة مليارات دولار الشهيرة التي اقترحها كولينز لاحقاً إلى إحداث مناظرة وخلاف داخل وخارج معاهد الصحة الوطنية، كما سنرى لاحقاً في هذا الفصل.

كانت أهداف مشروع الجينوم البشري (HGP) بسيطة ومباشِرة:

- رسم خريطة الجينوم البشري وتحديد متتالياته بشكلٍ كامل أو جزئي، قدر الإمكان.
- تحضير خريطة نموذجية لجينوم فأر.
- إنشاء روابط معلومات بين العلماء.
- دراسة النتائج الأخلاقية، والقانونية، والاجتماعية لما سبق.
- تدريب باحثين.
- تطوير تكنولوجيات.
- نقل هذه التكنولوجيات إلى الصناعة والطب[7].

سيجادل البعض لاحقاً أنّ هذه المبالغ الضخمة من المال ما كان يجب أبداً أن تُخصَّص لأهداف صعبة المنال إلى هذا الحدّ. وسيجادل آخرون بشأن المبالغ المالية المخصّصة، ولكن لأسباب مختلفة. ومع ذلك، لاحِظ الهدف الرابع: دراسة النتائج الأخلاقية والقانونية والاجتماعية لما سبق. من الواضح أنّ علماء الوراثة قد تعلّموا شيئاً من مؤتمر أسيلومار. والواقع أنهم قد تعلّموا الكثير جداً بسرعة كبيرة جداً، حيث إنهم كانوا مستعدّين لمنح لجنة القضايا الأخلاقية والقانونية والاجتماعية للمشروع 5 بالمائة من الميزانية الإجمالية[8]. قادت هذه المنحة العديدين إلى المجادلة بأنّ اتجاه

الفلسفة (نحو الأخلاقيات الحيوية، التي تتحرّك باتجاهها على أية حال) سيعيق إلى الأبد تحرّكها في أيّ اتجاه آخر. حتى الثلاثة مليارت دولار لن تكون كافية. تشير التقديرات الحالية إلى أنّ الأزواج القاعدية للحمض النووي تكلّف نحو 5 إلى 10 دولارات لكلّ منها. بهذا المعدّل، قد يتطلّب الأمر 30 مليار دولار لإتمامها كلّياً[9].

والعمل جارٍ، ظنّ معظم العلماء أنه سيكون عليهم رسم خريطة لـ 100,000 جين بشري، وهو ما اعتبروه تقديراً معقولاً لعدد الجينات. تمّ التوصّل إلى هذا العدد من خلال الاستدلال. فنحن نعرف أنّ الجينوم البشري يحتوي على 3 مليارات زوج قاعدي من الحمض النووي. ولكننا لا نعرف عدد الجينات المطلوبة لصنع إنسان، ولكنه يُقدَّر بنحو 30,000 قاعدة طولاً للثدييات. بدا هذا المعدّل منطقياً. ولكن كما أشرنا في الفصل 3، عُدِّل هذا التقدير لاحقاً إلى نحو 75,000 جين، وبعد ذلك إلى 60,000 جين، ثمّ إلى 30,000 إلى 40,000 جين في العام 2003، ثمّ إلى 20,000 إلى 25,000 جين حالياً[10]. أثبت هذا العدد أنه مثيرٌ جداً للدهشة، لأنّ التقديرات المبكرة استندت إلى ما عرفناه بالفعل. فبالرغم من أننا نعرف أنّ البشر هم كائنات حية معقّدة، إلا أنّ العدد جاء كأكثر من صدمة: نحن أقلّ تعقيداً - لجهة الجينات - من الأرزّ أو الذرة (اللذين يبلغ عدد الجينات في كلّ منهما ضِعف ذاك في البشر) وأكثر تعقيداً بقليل فقط من ذبابة الفاكهة أو **الربداء الرشيقة** *Caenorhabditis elegans*، الدودة المفضّلة لأيّ باحث.

بغضّ النظر عن التعقيد (أو الافتقار إليه)، فإنّ خريطة الجينوم البشري قد كشفت عن تفاصيل هائلة بشأن البشر: كيف ننمو ونتطوّر؟ ما الذي يجعلنا بشراً على وجه التحديد (بالمقارنة مع أنواع أخرى)؟ وكيف نختلف عن بعضنا عن بعضاً وعن الأنواع الأخرى؟[11]. أثبت السؤال الثاني من هذه الأسئلة أنه مُنوِّرٌ للغاية، لأنّ الاختلاف الجيني بيننا وبين الشمبانزي، مثلاً، هو أقلّ من 1 بالمائة! بالطبع، سيبدو اختلاف الـ 1 بالمائة ذاك صغيراً إلى أن تقوم بالحساب. فالفرق في الأزواج القاعدية بين شقيقَين هو 2 مليون، وبين رجل وامرأة لا تمتّ له بصلة قرابة هو 6 ملايين، وبين رجل وشمبانزي هو 50 مليوناً، وبين رجل ونبات (سبانخ، على سبيل المثال) هو نحو 2 مليار[12]. وفي حين أنّ بعض الباحثين يتعجّبون لصغر الاختلافات، إلا أنّ آخرين ينذهلون بشدّة للاختلاف الذي تُحدِثه نسبة الـ 1 بالمائة تلك. تمّ التطرّق إلى ذكر الأداة التشخيصية التي سيزوِّد بها رسم الخريطة، لأنّ معظم العلماء متّفقون على أنّ كلّ مرض (مع

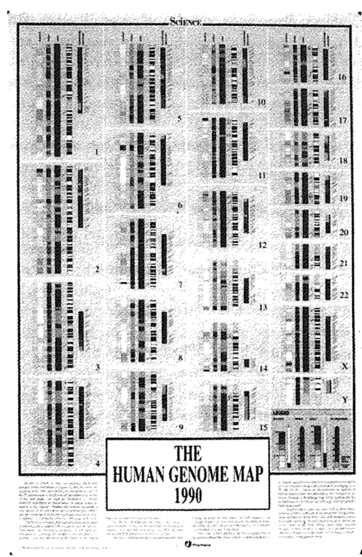
الاستثناء المحتمَل لرضوح معيّنة) له منشأ أو سبب وراثي. ولكنّ ذلك يمثّل نحو 2 بالمائة فقط من كلّ الجينات. أمّا مسؤولية الجينات الأخرى التي تمثّل 98 بالمائة من إجمالي الجينات فستُثبت أيضاً أنها منوِّرة للغاية، أو هذا ما ظنّه الباحثون. حصل العلماء على هذه المعلومات باستخدام الاستنساخ الموضعي (تحديد موقع جين على خريطة ومن ثمّ البحث خلال كلّ الحمض النووي المعقّد إلى أن يجدوا اختلافاً) والاستنساخ الوظيفي (حيث تُجرَى دراسات فسيولوجية وكيميائية حيوية لاكتشاف الشيء الخاطئ وظيفياً وتحديد موقع الجاني أو الجين المسؤول)[13]. من الواضح أنّ الاستنساخ الموضعي قد أصبح أكثر إثماراً مع ورود خريطة الجينوم، بينما لا ينجح الاستنساخ الوظيفي في حالة معظم الأمراض لأننا لا نعرف إلا القليل جداً عن المرض نفسه، أو حتى كيف نبدأ العملية.

الخريطة للصحة أو الخطر؟

بدأ مشروع الجينوم البشري بصخب كبير واستُقبِل، غالباً، بالطريقة نفسها التي استُقبِلت بها دوللي الشهيرة المذكورة في الفصل السابق. وصفه كولينز نفسه بأنه "أعظم وأهمّ مشروع قام به الجنس البشري أبداً"[14]. وقال آخرون أنّ مرتبته في الإنجاز تتساوى مع أعمال شكسبير، أو لوحات رامبرانت، أو موسيقى فاغنر[15].

مثل معظم التكنولوجيا الجديدة، فإنّ مشروع الجينوم البشري أثار مخاوف أخلاقية هامّة. على سبيل المثال، هل سيكون لدى الفقراء وصول إلى هذه الخريطة أو هل سيتمّ استخدامهم فقط كأدوات للمساعدة في إنشائها؟[16] يقلق آخرون بشأن مشروع تحديد المتتاليات والفرص التي سيتيحها لشركات التأمين أو غيرها من الوكالات التي قد ترغب في امتلاك وصول إلى هذه المعلومات[17]. وأشار إليه آخرون بمشروع مانهاتن لعلم الوراثة، المنطوي على نتائج جيدة وسيئة على حدّ سواء[18]. ويخشى عددٌ لا بأس به من أنّ استثماراً فدرالياً ضخماً كهذا قد سحب دولارات حاسمة من مشاريع يمكن أن تُنجَز بتكلفة أقلّ بكثير، وتُنقِذ الأرواح، ولكنها ذات نتيجة علمية أقلّ بهرجة.

يخشى البعض أنّ المال الفدرالي سيُتبَع بمال مؤسسات خاصة، ما يجعل إيجاد علماء يمكنهم القيام ببحث مستقلّ محض أمراً شبه مستحيل[19]. يُفنِّد البعض، مثل ليون كاس، الحجّة وراء المشروع. ادّعى كاس أنه لن يقود إلى حياة أفضل، بل ببساطة إلى حياة أكثر تعقيداً، تتطلّب عملية أصعب لاتّخاذ القرارات استناداً إلى تلك المعرفة[20]. ويرى آخرون مشروع الجينوم البشري كإعلان عن عصر جديد من تحسين النسل



الطريق إلى يوطوبيا (المدينة الفاضلة)، أو الطريق إلى لا مكان؟ خريطة الجينوم البشري. (من المكتبة الوطنية للطب، تاريخ المجموعة الطبية).

المجتمعي، أو يشيرون إلى مشروع الجينوم البشري بأنه يشتمل على "أموال ضخمة، ونتائج ضخمة، وجدالات ضخمة"[21].

يشتمل مشروع الجينوم البشري على ما يكفي من الأمور الجيدة والسيئة لإعطاء كلّ شخص شيئاً ليتذمّر بشأنه. هاجم البعض واحداً من الأهداف الرئيسية لمشروع الجينوم البشري على أنه مكتوبٌ له أن يفشل: نقلُ التكنولوجيات إلى الصناعة الخاصة. ويخشى بعض المراقبين، الذين هم أنفسهم علماء، أنّ هذه المنافسة المحسوسة ستُخِلّ احتمالاً بالمقاييس أو ستفضِّل المشاريع الأقلّ أهميةً ولكن الأكثر قابليةً للنجاح تجارياً

على المشاريع الأكثر أهميةً ولكن الأقلّ شأناً تجارياً[22].

بالرغم من أنّ هذه المخاوف تركّز على عددٍ من القضايا المختلفة، إلا أنها يمكن أن تُضمَّن في سؤال واحد: هل سيحوِّل كلّ هذا المال الانتباهَ عن مخاوف أكثر جدّية؟ إحدى مجموعات المخاوف ضخمة في طبيعتها وتشتمل على الفقراء والنتائج الاجتماعية المرتبطة بهم: الفقر، والجوع، والبطالة، وقضايا الصحة. ومجموعة أخرى صغيرة في طبيعتها وتركّز على الكيفية التي سيحوِّل بها كلّ هذا المال اتجاه الأبحاث عن العديد من الأمراض الفردية. تمضي الحجّة كما يلي: إذا تمّ تحويل 3 مليارات دولار لمشروع الجينوم البشري وإذا كنتُ باحثاً طبياً، فسأُجذَب على الأرجح في اتجاه مشروع الجينوم البشري لأنّ موارده أوسع وأعمق من تلك للأبحاث على أمراض أحادية السبب (على سبيل المثال، بحث كولينز الخاص حول اللياف الكيسي).

ويمضي الدفع (الردّ على الادّعاء) كما يلي: سيكون لمشروع الجينوم البشري، إذا نجح بالكامل، تطبيقٌ في كلّ مرض أحادي السبب. وعلاوة على ذلك، سيساعد في توجيه الاهتمام إلى واحدة على الأقلّ من النتائج الاجتماعية للفقر، وقضايا الصحة، بالإشارة إلى حلول لكلّ قضايا الصحة، سواء للفقراء أو للأغنياء. وبالإضافة إلى ذلك، سيساعد مشروع الجينوم البشري في بدء عملية تأسيس مكتبات الجينوم البشري للأبحاث المستقبلية، ما يعني أنه سيحقّق أرباحاً معيّنة الآن وأرباحاً أكثر بكثير بعد سنوات عديدة من الآن. بالتزويد بالخرائط مقترنة بمعلومات مفصّلة لمتتاليات النوَويد، يمكن لدراسة الأمراض الوراثية أن تتقدّم إلى نقطة أبعد بكثير ممّا هي الآن[23].

إنّ إحراز المجلّدات الضخمة لمعلومات متتاليات النوَويد التي يَعِد بها مشروع الجينوم البشري هو الآن جارٍ بنحوٍ جيد. ليس مشروع الجينوم البشري مشروعاً أميركياً بل هو في الحقيقة مشروع دولي، حيث العمل متواصل في أكثر من دزينة من الدول بواسطة أعداد كبيرة من العلماء. بجمع الكمبيوترات ورسم الخرائط، أصبح بإمكان العلماء أن يستكشفوا بنوك معلومات مشروع الجينوم البشري التي كانت ستتطلّب سنوات لجمعها لو أنّ هذه العملية كانت عمليةَ فريق واحد أو دولة واحدة.

على سبيل المثال، ستتطلّب المتتالية البشرية، إذا تمّ طبعها، 200 مجلّد بحجم دليل الهاتف لإدراك خلايا الجسم البشري البالغ عددها 10 تريليون خلية[24]. هذه المعلومات هي الآن في كمبيوترات في جميع أنحاء العالم وستحتوي في آخر الأمر ليس فقط على خرائط الجينوم البشري بل أيضاً على خرائط لآلاف الكائنات الحية.

بالطبع، ليست هذه خرائط فعلية مثل تلك التي قد تستخدمها لتذهب من تشارلوت في كارولينا الشمالية إلى ناشفيل في تينيسي، بل هي خرائط لواسمات وراثية تحدِّد التركيب لكائن حي أو سمة معيّنة لذلك الكائن الحي[25]. يمكن للباحثين بعد ذلك أن يأخذوا متتالية، ويُدخلوها في أيّ من مواقع مشروع الجينوم البشري على الإنترنت لمياسم المتتاليات المعبِّرة expressed sequence tags (ESTs)، ويكتشفوا ما هي واسمات المتتالية[26]. حتى الآن هناك أكثر من 12 مليون متتالية متوفّرة، بما فيها 4.5 ملايين متتالية بشرية[27]. ولكنّ هذه هي البداية فقط. فحالما يتمّ حلّ الشيفرة (أو بالأحرى فكّها)، سيتمّ إجراء العديد من التجارب لإعطاء معنى لكلّ الشيفرة[28]. من نواحٍ عديدة، فإنّ قراءة الشيفرة الآن ستكون مثل محاولة فهم هذا الكتاب إذا كانت كلّ الكلمات مكتوبة معاً، sdrawkcabtubsihtekil[29]. ستؤدّي التجارب والأبحاث الأخرى في نهاية الأمر إلى جعل كلّ هذا مفهوماً، وستكون الخريطة البشرية معروفة لأيّ شخص يحاول فهمها.

ومع ذلك، فإنّ ما يُقلق العديدين هو هذه الخريطة نفسها وما ستقودنا إليه. عندما تُصبح مادة الجنس البشري وماهيّته معروفة، فمن سيحميها، وممّن؟ فمن جهة، يراها علماء مثل واطسون بأنها مفيدة للغاية. كتب واطسون: "عندما تُفسَّر أخيراً، فإنّ الرسائل الوراثية المرمَّزة ضمن الحمض النووي خاصّتنا... ستزوِّد بالإجابات النهائية... وتساعدنا في فهم (العديد جداً من الأمراض) المُبتَلى بها العديد جداً من الناس"[30].

ولكن ليس الجميع إيثارياً إلى هذا الحدّ؛ فهذه المعلومات يمكن أن تُستعمَل ليس فقط بطرق بغيضة تجارياً عبر التقصّي الجيني، بل أيضاً بواسطة إرهابيين لتحديد الوسيلة الأكثر فعاليةً لقتل الملايين من الناس في وقت واحد. وعلاوة على ذلك، إذا أُسِّست مكتبات الجينوم واحتُفِظ بسجلات الاختبار الوراثي للأفراد، فإنّ هذه المعلومات يمكن أن تُستعمَل بطرق متنوّعة ستُثبت أنها مؤذية إمّا للأفراد، أو المجموعات، أو لكليهما. إنّ الإمكانية للأذى هائلة، خصوصاً إذا سُلِّمت المتتاليات إلى بنوك خاصة للجينات أو استُخدِمت لصون المجسّات الجينية gene probes ببراءة اختراع[31]. لعلّ مجادلة ليون كاس بأنّ مشروع الجينوم البشري سيجعل حياتنا فقط أكثر تعقيداً ستتّضح أكثر الآن.

وهناك بعض العلماء، بمن فيهم روبرت ج. مارتن، رئيس قسم علم الوراثة الجرثومية لمختبر علم الحيويات الجزيئية للمعهد الوطني لداء السكّري والأمراض

الهضمية والكلوية، الذين ارتابوا في "الإلحاحية التي ينالها" هذا المشروع ولم يستطيعوا أن "يفهموا السبب وراء هذه العجلة". وقد تكرّر هذا الرأي بواسطة اختصاصي الأحياء المجهرية في هارفارد، برنارد دافيس، والعالِمة إيفلين كيلر. وأزعج الافتقار إلى السرعة آخرين، ولهذا فقد سوّقت إحدى الشركات إنستاجين InstaGene، وهي عبارة عن مصفوفة تتيح للمرء أن يُسرِّع العزل بينما يخفض التكاليف[32]. ومع ذلك يبقى معظم العلماء متفائلين شارحين بأنّ المشروع يمثّل "موسوعة الحياة" وبإمكانه، مثل تلك الوسيلة المرجعية المألوفة، أن يُستخدَم ليحلّ العديد من مشاكل اليوم الصحية[33]. أصبح مشروع الجينوم البشري فجأة المشروع العظيم لزماننا و"الهدية الفظيعة"[34].

لا يمكن أن نُسقِط من الاعتبار أنّ الكثير من القبول واسع الانتشار لمشروع الجينوم البشري من قِبَل عامّة الناس (بين أولئك الذين يعرفون بشأنه) يكمن في حقيقة أنّ الشعب الآن مؤلَّف إلى حدّ كبير من أولئك المولودين مباشرةً قبل، أو خلال، أو بعد الحرب العالمية الثانية (aging baby boomers)[35]. للوهلة الأولى، قد يبدو هذا شرحاً مُبهماً أو عويصاً بشكلٍ لا موجِب له، ولكن عند التأمّل فيه يصبح معناه واضحاً. فهؤلاء هم الأطفال اليانعون لأواخر ستينيات القرن الماضي وبداية السبعينيات منه، أو جيل "كلّ ما تحتاج إليه هو الحب" ولا يمكن الوثوق بأيّ شخص تجاوز الثلاثين من العمر. والآن بما أنّ معظمهم قد تجاوز الثلاثين بكثير ويتّجه نحو التقاعد، فقد أدركته مصائب الحياة. إنّ فضول العلم بشكلٍ عام، مقترناً بموقف "إمكانية الفعل"، قد تناغم تماماً مع فئة من الشعب مواجَهة فجأةً بفنائها الخاص. ونشأ اتحاد وثيق العرى، اتحاد يخشى العديدون أنه قد تمّ بدون تفكير صحيح في ما يتعلق بنتائجه طويلة الأمد.

استنتاجات

مشروع الجينوم البشري هو مشروع ضخم يعمل فيه مئات الباحثين في جميع أنحاء العالم. أُغدِقت مليارات الدولارات، عامّة وخاصّة، بنحوٍ تفاؤلي على هذا المشروع، على أمل أنّ ما سنجده في نهاية قوس قزح سيكون قِدرَ الذهب للإنسانية ضدّ المرض. البخيل وحده يمكن أن يجادل في هذه الخطة الإنسانية المهيبة التي يمكنها، إذا نجحت أخيراً، أن تضع حدّاً لداء ألزهايمر، والتلياف الكيسي، والسرطان، وعشرات الأمراض الأخرى التي تدمّر حياة نسبة صغيرة جداً فقط من السكّان، وحتى الأمراض الشائعة مثل فرط ضغط الدم الذي يصيب نصف السكّان تقريباً.

ولكنّ سُحُب المشاكل قد ظهرت بالفعل في الأفق ولم يتمّ بعد تحليل الشيفرة

بشكلٍ كامل. فالمعالجات الجينية لجعلنا أكثر نضارة، وذكاء، وسرعة، وجمالاً يتمّ حثّها بقوة تماماً مثل العلاجات للأمراض المميتة، وفي بعض الحالات أكثر لأنّ الدولارات لشرائها كلّية الوجود. تتوفّر المكتبات الجينية الكبيرة التي لا يمكن ضمان أمنها وسلامتها لأي شخص يرغب في استثمارها. وشركات التأمين، غير المعروفة بإيثاريتها، مصطفّةٌ لاستكشاف هذه المكتبات وهي تكتب بوليصات التأمين وفقاً لذلك. إذا كان الشخص A، مثلاً، لديه واسم X، أو Y، أو Z، فقد تكلّف بوليصته آلاف الدولارات زيادةً عن تلك لأولئك بدون أيّ من هذه الواسمات، والأسوأ من ذلك أنها قد لا تُكتَب أبداً. كما يُلاحَظ اندفاع الجامعات للدخول في مجازفات مع شركات خاصة تنفِّذ مشاريع وراثية تجارية تبلغ قيمتها مئات الملايين من الدولارات، ما يُسيء في وقت واحد إلى أولئك القائمين بالأبحاث وإلى استقلالية الجامعات نفسها. وتعمد الولايات المانحة لامتيازات إجراء أبحاث الخلايا الجذعية إلى غزو بركة الباحثين في الولايات التي أقرّت قوانين تمنعها. وفي غضون ذلك، ضاعت الكرامة البشرية لمجموعات العناصر الوراثية A، وG، وT، وC التي يختارها الآباء والأمهات، مثل العديد جداً من الملابس، لزخرفة أطفالهم بخصائص فخمة متنوّعة.

إنه عالم جديد شجاع ولا أحد يعرف أين سينتهي أو حتى إن كان سيكون صالحاً للسكنى. مع حلول العام 2005، فإنّ تلك النهاية، وبالنظر إلى التجاور الحالي للعديد جداً من المتغيّرات الأخرى، لا تبشِّر بخير لمستقبلنا. وبالنظر إلى تاريخنا في هذا الحقل من المعرفة بشأن التركيب البشري (تحسين النسل)، وتاريخنا في أيّ نوع آخر من المعرفة، فسيكون من الحكمة أن نخطو ببطء وحذر، خصوصاً حيث يخشى المموّلون خطواتنا. وبالنظر إلى "الأنا" الهائلة في العلم، فسنصنع خيراً بالتزويد بأكثر من مراقبة ضئيلة لكلّ الهندسة الوراثية[36].

7

سيراك الطبيب الآن:
الهندسة الوراثية وعلاج الأمراض

خلال كامل هذا الكتاب، تمّ ذكر الاكتشافات الطبية الحاسمة المرتبطة بمواضيع متنوّعة ضمن العنوان الكبير للهندسة الوراثية. ومع ذلك، فإنّ هذه الأعاجيب الطبية (وبعضها ليس أعجوبياً جداً) ستُدرَس في هذا الفصل بمزيد من التفصيل. ستتناول الدراسة خمسة مجالات رئيسية: القضايا الطبية الوراثية العامة (الفعلية والفلسفية على حدّ سواء)، وتطوّرات الخلايا الجذعية (وتشمل الخلايا الجذعية البالغة مقابل الخلايا الجذعية الجنينية)، وما يُسمّى بالأبحاث الوراثية لِقطَع الغيار، وأمراض وعلاجات نوعية (وتشمل الأمراض أحادية الجين، والأمراض ذات الأسباب متعدّدة العوامل ومتعدّدة الجينات، والمعالجات الجينية والتقصّي الجيني)، والمعالجات التحسينية (وتشمل جميع القضايا الوراثية التناسلية، مثل تصميم طفلك الخاص). تطرّقت الفصول السابقة إلى بعض من هذه العناوين، ولكنّ هدف هذا الفصل هو معالجة هذه المجالات والعديد غيرها بصورة أكثر تحديداً وفي الوقت نفسه تسليط الضوء على الجدالات التي تثيرها.

القضايا الطبية الوراثية العامة

ظُنّ لبعض الوقت أنّ الجينات حاملةٌ للأمراض. وبالفعل، يجادل بول بيرغ الحائز على جائزة نوبل كما يلي: "أنا أبدأ بفرضية أنّ كلّ الأمراض البشرية وراثية. يمكنك أن تجلس هنا لساعة، ولا يمكنك أن تقنعني بأن أستنتج أنّ أيّ مرض يخطر

في ذهنك ليس وراثياً"[1]. إنّ العلاجات للأمراض الوراثية قد وُجِدت منذ فترة أطول بكثير ممّا قد يحسب المرء. آخذين في الاعتبار أنّ اكتشاف اللولب المزدوج الشهير من قِبَل واطسون وكريك قد حدث في العام 1953، فمن الطبيعي فقط أن يضع المرء بداية العلاج الوراثي للأمراض في وقتٍ متأخّر جداً من القرن العشرين. ولكنّ ذلك لن يكون صحيحاً كلّياً. إنّ ما يجعل الأطباء والعلماء متفائلين بشأن العلاجات الوراثية هو تاريخ الطب حتى اليوم والعملية المتأصّلة في العلاجات الوراثية التي أثبتت بالفعل أنها ناجحة في سياقات أخرى.

خذ، على سبيل المثال، الطبيب الذي واجَهته في العام 1922 حقيقة أنّ مريضه البالغ من العمر 12 عاماً سيموت من داء السكّري[2]. جازف الطبيب بتجربة دواء جديد مصنوع من بنكرياس بقرة (نوع من الصيدلة المبكرة، إذا شئت). تحسّن الطفل على الفور تقريباً، وأُنقِذ من موت حتمي. كان باحثا الأدوية الكندياِن، فردريك بانتنغ وتشارلز بست، قد توصّلا أخيراً إلى اكتشاف أيّ جزء من آلية الجسم مسؤول عن تنظيم الغلوكوز. أطلقا على مادّتهما اسم إيسلتين **isletin**، المعروفة الآن على نحوٍ واسع بالإنسولين.

إنّ معظم اكتشافات الطب الحاسمة قد نشأت من هذا النوع بالضبط من المخاطرة بالأحدث. على سبيل المثال، تُعتبَر اللقاحات لأمراض مميتة متنوّعة مثل السعال الديكي، والدفتيريا، والحصبة، والشلل مألوفةً اليوم، ولكنها كانت في ما مضى علاجات منطوية على مخاطرة. كما أنّ عمليات زرع الأعضاء قد اتّبعت نفس النوع من مقاربة المخاطرة بالأحدث، أو حتى مقاربة العالِم المجنون تقريباً. من كان سيفكّر قبل ستين سنة من الآن أنّ جراحة القلب ستصبح عملية روتينية أو على الأقلّ ستُمارَس بكثرة إلى حدّ أنها باتت تُجرَى في المستشفيات الصغيرة (على الأقلّ في أميركا)؟ في السنة نفسها التي توصّل فيها واطسون وكريك إلى اكتشافهما الشهير، حدثت أوّل عملية ناجحة لزرع كلية. أمّا جراحة السادّ (إعتام عدسة العين) فهي تُجرَى اليوم كإجراء خارجي (لا يتطلّب مكوثاً في المستشفى)، بينما يُستخدَم الليزر لتصحيح عيوب البصر على نحوٍ شائع بقدر وصف نظارات تقريباً، وبالفعل قد يحلّ محلّها يوماً ما.

غالباً ما يشير مؤيّدو العلاج الوراثي للأمراض إلى هذه التقنيات التي لم يكن يُسمَع عنها في ما مضى كأسباب لدفع الهندسة الوراثية إلى أقصى إمكاناتها. وهم

يجادلون بأنه إذا كان ما لم يمكن التفكير به قبل خمسين سنة مألوفاً اليوم، أفلا يكون منطقياً أن نتوقّع أنه بعد خمسين سنة أخرى ستصبح كلّ هذه العلاجات الوراثية مألوفة بنفس القدر؟ وعلاوة على ذلك، هم يشيرون إلى بعض النجاحات المحسوسة لشركاتٍ جديدة للتكنولوجيا الحيوية مثل أفنتيس، جيننتك، وأمغن Amgen، وسنتوكور Centocor، مع شركات أدوية عملاقة مثل إيلي ليلي Eli Lilly وشيرينغ كوربريشن Schering Corporation[3]. تعالج هذه الشركات ومنتجاتها المصنّعة بأساليب التكنولوجيا الحيوية أعداداً كبيرة من الناس يعانون من تنوّع من الأمراض، مثل التهاب الكبد الوبائي B، والسرطان، والتهاب المفاصل، واعتلال القلب، والسكتات الدماغية، وداء السكّري. على سبيل المثال، في حالة الداء المخّي الوعائي، هناك أكثر من 110 اضطرابات وراثية، و175 بمواضع وراثية، وأكثر من 2000 طفرة فريدة تجعل المرء عرضة لسكتة دماغية[4]. ما لا نعرفه بعد هو كم من هذه الحالات ستستجيب للعلاجات الوراثية، أو مدى إيجابية هذه الاستجابة.

ولكنّ التفاؤل لا يقتصر على الأدوية وإقحام الجين فقط. فالعلماء متحمّسون بشأن إمكانيات النجاح للمنابلة الوراثية، مثل استخلاص الأحماض الدهنية أوميغا-3 (المتوفّرة طبيعياً في السمك فقط أو خلاصة السمك) من أيّ حيوان تمّ تعديله وراثياً لإنتاجها. قد يؤدّي هذا إلى علاج لاعتلال القلب[5].

يحذِّر الباحث غريغوري بنس، الذي هو نفسه مؤيّد للمنابلة الوراثية، من أنّ تفكيرنا بالمنابلة الوراثية خاطئ في 10 نواحٍ على الأقلّ:

1- صياغة القضايا مفاهيمياً في تقابلات مبسّطة بإفراط.
2- ابتداع مقاييس أولمبية لخيارات جديدة.
3- عدم الثقة بخيارات الناس العاديين.
4- الخلط بين المسائل التوزيعية والتقييمية (تختلف مسائل التحسينات، مثل الأطفال المثاليين، عن توزيع أدوية منقِذة للحياة).
5- وصف الاختراعات الجديدة في الطب بأنها "تكنولوجيات جديدة".
6- السماح للحالات المثيرة بحرف تفكيرنا عن مساره الصحيح.
7- تجاهل حقيقة الدوافع المختلطة في الناس.
8- العجز عن ملاحظة تكلفة الفرصة البديلة (الضائعة) لعدم القيام بشيء.
9- تجاهل دور المال في اتخاذ القرارات الأخلاقية الحيوية.

10- العجز عن تأييد التغيّرات الإيجابية في علم الأخلاقيات الحيوية[6].

يعتقد بنس أنّ هذه الأخطاء الجوهرية تثير فينا مخاوف أخلاقية وأدبية شديدة وتمنعنا من التماس الفوائد، أو على الأقلّ تعمينا عنها، بينما تُضخِّم الأخطار المحتملة. ويجادل بأننا إذا تجنّبنا هذه الأخطاء المستورة، فسنكون قادرين على اتخاذ قرارات أفضل، أدبياً وأخلاقياً على حدّ سواء، بشأن القضايا الأخلاقية الحيوية بينما ننقِذ أعداداً أكبر وأكبر من الناس من أمراض يمكن اجتنابها (أو على الأقلّ قابلة للعلاج). وبالإضافة إلى ذلك، نحن نستخدم بالفعل بعض المنابلات الوراثية، وقد فعلنا لسنوات. خذ مثلاً اختبار PKU (خلل أيضي وراثي)، الذي أُجرِي على كلّ طفل (في جميع الدول الصناعية تقريباً) لأكثر من ثلاثة عقود. لا أحد ينظر إلى هذا الأمر كمُنذِر بخطر (هو اختبار وراثي للواسمات)، إذاً، لماذا، سينظر أيّ شخص بقلق إلى اختبار فئات الناس ذوي الخطر المحتمل العالي للإصابة بأمراض أكثر تهديداً للحياة مثل فقر الدم المنجلي أو التلاسيمية؟[7]

يعتبر البعض أنّ المنابلة الوراثية لا تعدو كونها تطوّراً موسّعاً في التكنولوجيا الطبية. وهم يجادلون بأنه إذا كان من الممكن إنقاذ الناس ليس فقط من أمراض مُوهِنة بل أيضاً من أمراض موروثة، فما المانع من القيام بمخاطرات كبيرة. وحتى التحسينات الوراثية تُعتبَر منطقية جداً برأي هؤلاء المؤيّدين. إذا كان بإمكان طالب أن يُعزّز نتيجته في اختبار ما بأخذ عدّة حصص دراسية – ولا أحد ينظر إلى هذا الأمر كمنذِر بخطر – إذاً، فما المانع، من القيام ببضعة تغييرات وراثية في وقت مبكر (مثلاً، في الطفولة) وتعزيز حاصل ذكائه I.Q بانحراف قياسي أو أكثر؟[8] ويجادل هؤلاء المؤيّدون بأنه إذا بدا هذا مثيراً جداً للاعتراض، فماذا بشأن هرمونات النموّ البشرية (بافتراض أنه يمكن إثبات نجاحها)، ليس فقط لأولئك الذين يعانون من القزامة، بل أيضاً لأولئك الذين يقلّ طولهم كثيراً عن معدّل الطول لمن هم في مثل عمرهم؟[9]

يغيِّر الكثير من الرجال والنساء مظهرهم خلال كامل حياتهم لإعطاء أنفسهم شكلاً أفضل بينما يحبطون تأثيرات الزمن. تؤدّي عملية رفع هنا وشدّ هناك إلى إعطاء فكرة خاطئة عن أعمارهم الزمنية (الكرونولوجية) بجعلهم يبدون أصغر سناً. ما المانع من تطبيق المنابلة الوراثية إذا كان من الممكن استخدامها بنجاح أيضاً على عملية التقدّم في السن؟ إذا كان بإمكانك أن تتناول حبة لتبقى شاباً لفترة أطول، فما المانع

من أخذها؟[10] كيف يختلف إبطاء عملية التقدّم في السن عن جعل الناس قصار القامة أطول، أو أولئك ذوي معدّل الذكاء العادي أكثر ذكاء؟ أليس الأمر هو نفسه في كلّ هذه الحالات؟

يقول آخرون، نعم ولا. نظراً إلى أنّ العلاجات الوراثية تحدث عند المستوى الجزيئي، فإنّ هذه العلاجات يمكن أن يكون لها تأثير أكبر بكثير ممّا نعرف. على سبيل المثال، كشف مشروع الجينوم البشري (المناقَش في الفصل السابق) عن جبل من المعلومات. حتى عندما تكون المتتاليات الجينية معروفة والعلاقة بينها وبين الأمراض معروفة، فلن تكون معالجتها حينها أمراً تافهاً[11]. وعلاوة على ذلك، فإنّ هذه القاعدة الجديدة للمعلومات ستجعل أمر تدريب الأطباء أصعب فأصعب[12]. ولهذا، يخشى البعض أنّ القول المأثور "نصف العلم أخطر من الجهل" يعود إلينا ليطاردنا. مُواجَهين بفيض المعلومات التي لا يمكن بسهولة جمعها واستخدامها بحكمة، فإنّ البعض سيستخدمون كلّ ما لديهم أو كلّ ما لديهم وصولٌ إليه. ومثل الرجل الأعمى والفيل، يُحتمَل أنهم سيرون جزءاً فقط من الكلّ التامّ ويفوتهم ذلك الكلّ للجزء، بنتائج كارثية. ويشير آخرون إلى الخمول الذي استخدمنا به ما نعرفه بالفعل.

ينظر البعض إلى إعادة كتابة الشيفرة الوراثية عبر إقحام الجين كاتّباع "خطوات فرانكنشتاين"[13]. ويثير آخرون، مثل مارك لابي، شبح تحسين النسل، مجادلاً بأنه طريقة أخرى لمحاولة اكتساب السيطرة الوراثية ولكن بفشل معيّن: "وحتى مثل هذه السيطرة الوراثية (المنابلة الوراثية) لن تضمن سيطرةً على المُنتَج الفعلي لأنّ القِوى غير الوراثية ستتبع حتماً لتغيير اتجاه النموّ ونقطته النهائية بعيداً عن النموذج الأصلي المطلوب"[14]. تذكّر أنّ لتحسين النسل، كما أُشير إليه في الفصل 2، تاريخاً بغيضاً، حيث عدد عمليات الإعقام sterilizations في هذا البلد تجاوز الـ 25,000 عملية، وزاد عن ذلك في بريطانيا العظمى وبلغ عشرة أضعاف ذلك في ألمانيا النازية[15]. بتعبير آخر، يمكننا فقط أن نخطّط إلى هذا الحدّ حتى مع التقنيات الجديدة والتكنولوجيا الجديدة. وبالإضافة إلى ذلك، كم منّا، عندما يُواجَه بالقرار، سيسلِّم مستقبله أو مستقبل أطفاله إلى تقنية مخبرية ما قد تنجح أو لا تنجح كما أُعلِن عنها؟ قد نحلّ مشكلة واحدة (مثلاً، تقليل السكتات الدماغية في فئات من الناس عرضة لها بدرجة كبيرة) ولكننا قد نحرّر شيئاً آخر، ربما أسوأ بكثير، في المستقبل القريب أو البعيد.

ويتابع لابي ليشير إلى أنّ "مآزقنا الظاهرة (تستند) إلى الافتراض الخاطئ بأنّ

تكويناً وراثياً أو كروموسومياً شائعاً يحكم على حامله بمصير شائع". ويشير لابي، الذي هو نفسه اختصاصي بالمناعة ضدّ السرطان، إلى أنه "بالرغم من الاتساق الدراماتيكي الذي تُربَط به بضعة أورام متناثرة بالجينات، إلا أنّ مشكلة السرطان ككلّ هي أكثر بكثير من مجرّد مشكلة في الوراثيات"[16]. يجادل برنارد رولين بأنّ العلماء وغيرهم غالباً ما يخطئون عندما يفكّرون بأنّ "حقيقة التصريحات الأدبية غير مرتبطة بحقيقة التصريحات العلمية"، أو أنها "غير مرتبطة بالحقيقة... بشأن الكيفية التي يجب بها لمشروع اختبار الأحكام العلمية الحقيقية أن يتطوّر"[17]. حالما نفهم هذه العلاقات المتبادلة يمكننا أن نتجنّب العديد من المآزق الأخلاقية التي تواجهنا الآن. ويقول هو وآخرون إنه من المهمّ ألاّ نسمح لهذا أن يصبح نقاشاً بين الخبراء وحدهم لأنّ القضايا الأخلاقية والأدبية هي بعيدة المدى إلى حدّ كبير.

يُقلق إقحام الجين أيضاً بعض الناس لأننا ببساطة لا نفهم بشكلٍ كامل ما الذي يحدث عقبه. يكتب أحد الخبراء: "إنّ العدّة الجينية التي تُشحَن مع الجسم البشري تُرمِّز استجابات معقّدة لبيئات محتملة مختلفة، وبينما تتغيّر الجينات، كذلك تفعل الاستجابات. أنت لست الطفل الذي جلبه والداك إلى العالم، على الأقلّ ليس في الغالبية منك. أنت تُحمِّل برامج جديدة أو تنسى أن تُحدِّث القديمة وتجد نفسك مُوهَناً"[18]. إذا كان هذا صحيحاً لبرنامج الجين الأصلي، فماذا عن برنامج الجين الغريب المُقحَم؟

نحن لا نعرف بقدر ما نظنّ أننا نعرف أو بقدر ما نظنّ أننا نرى في الدراسة الجينية. على سبيل المثال، لقد عرفنا الأساس الجزيئي لفقر الدم المنجلي لأكثر من أربعين سنة. عندما اكتُشِف بدايةً، ظُنّ أنّ المرض سيُعالَج بسهولة في غضون عقد من الزمن. تبقى الحقيقة أنّ علاج فقر الدم المنجلي لم يتغيّر كثيراً في تلك الأربعين سنة ونيّف[19].

ثمّ هناك مشكلة التمويل الخاص والتطبيقات لبراءات الاختراع لما قد يسمّيه البعض حياةً. في العام 1991، كان تحت يد مكتب براءة الاختراع والعلامة التجارية الأميركي 4,000 براءة اختراع لمياسم المتتاليات المعبِّرة (ESTs). وفي العام 1996، ارتفع هذا العدد إلى 350,000، ثمّ إلى أكثر من نصف مليون في العام 2000، وهذا فقط في السوق الأميركية[20]. ولكنّ التمويل يشوِّش عملية الأبحاث أيضاً. على سبيل المثال، بالرغم من أنّ هناك 16 مليون شخص في الولايات المتحدة مصابين بداء

السكّري، إلا أننا ننفق نحو 20 دولاراً فقط لكلّ مريض (في السنة). قارِن ذلك بالمبلغ المُنفَق على أولئك المصابين، مثلاً، بالإيدز أو فيروس الإيدز. يبلغ عدد مرضى الإيدز المعروفين في الولايات المتحدة 775,000 مريض فقط، ومع ذلك نحن ننفق أكثر من 2,400 دولار على كلّ مريض (في السنة)[21]. سيجادل البعض بأنّ هذا محرَّف. تذكّر ما ذكرناه في الفصل السابق حول مشروع الجينوم البشري. القضية هي نفسها في ما يتعلق بالعلاجات الطبية والمنابلة الوراثية: أتُرانا ننفق الكثير جداً على ما قد يكون أقلّ جوهريةً من أمراض أكثر إلحاحاً يمكن معالجتها احتمالاً؟ يعتمد الأمر على موقف الفرد. فالمريض الذي يعاني من السكّري قد يقول إننا ننفق القليل جداً، بينما قد يقول مريض الإيدز إننا لا ننفق ما فيه الكفاية.

قد تكمن المشكلة أيضاً في جهلنا، سواء على المدى القريب أو البعيد. على سبيل المثال، لا يمكننا أن نعرف تأثير هذه العلاجات في المرضى بعد 20 سنة من الآن. إذا جعلنا كلّ العلاجات مُتاحةً وخاضعة لادّعاءات تأمين، فليست لدينا فكرة عمّا ستكونه التكاليف قريبة أو بعيدة الأمد. وعلاوة على ذلك، نحن لم نبدأ بعد بتدريب الأطباء ليعرفوا متى يجدر بهم أن يُوصُوا بعلاجات كتلك ومتى يجدر بهم الامتناع عنها. حالما يُصار إلى شفاء نوع ما من السرطان من خلال إقحام الجين، فمن غير المرجّح أنّ أيّ طبيب سيتمكّن أبداً من إغفال التوصية به لعلاجات جميع أنواع السرطان، بغضّ النظر عمّا إذا كان العلاج ملائماً.

ثمّ هناك تلك النتائج غير المنظورة وغير المقصودة. على سبيل المثال، فشل المريض جون مور، الذي وُصِفت خلايا طحاله من قِبَل طبيب بأنها "منجم ذهب" بسبب قابليتها للتطبيق العملي لأمراض الطحال، في مسعاه لحماية خلاياه الخاصة. حمى القانون الجميع – حمى العلم، والأطباء، والباحثين – ولكنه لم يحمِ المُعطي[22]. ليس واضحاً بعد ما إذا كان القانون سيبقى هكذا أو سيُعدَّل (ليس خلافاً للأجنة المجمّدة).

يقول المعارضون إنّ الأخطاء الفاحشة ظاهرةٌ بالفعل، كما في قضية جيسي غيلسينغر (المذكورة في الفصل 3). حُسِمت هذه القضية بمبلغ جاوز المليون دولار بقليل[23]. وأجرى مارتن كلاين (المذكور في الفصل السابق) أوّل تجربة إقحام جين على امرأتين، إحداهما إيطالية والأخرى يهودية، لعلاجهما من تلاسيمية بيتا، أحد أمراض الدم الوراثية. بالرغم من أنّ جامعته، جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس UCLA، لم تعطه الإذن للقيام بتجربتيه، إلا أنه أجراهما على كلّ حال في بلدَي

المرأتين[24]. وهكذا، أحدثت أوّل تجربة من هذا النوع عاصفةً من القضايا الأخلاقية والأدبية. وأُثيرت أسئلة مؤخّراً بشأن البعوض الذي تمّت منابلته وراثياً حيث يعجز عن نقل الأمراض كالملاريا، وبشأن حظر إنتاج الأسماك المتوهّجة[25]. المخاوف هي أننا نتحرّك في مجال التكنولوجيا بسرعة أكبر من تلك التي نستطيعها في مجالات الأخلاقيات، أو التقييم، أو التنظيم. يجادل البعض أنه في الوقت الذي ستدرك فيه هذه القضايا سرعتنا في التكنولوجيا، سنكون قد أحدثنا أذىً لا يقبل الجدل.

يقول البعض إنه عندما يتمّ تخزين كلّ هذه المعلومات سيكون لدينا خوف جديد، هو القرصنة الحيوية[26]. فكلّ هذه المعلومات التي تشير إلى الأمراض مع عواملها المتوقّعة ونتائج التقصّي الفعلي للأفراد ستُثبت أنها إغراء هائل لأولئك الذين يبحثون عن الربح السريع[27]. ومع ذلك قد يرغب آخرون، كالنازيين مثلاً، في إحداث السلالة المثالية، ولكن هذه المرة من الداخل إلى الخارج وبالدراية التقنية العلمية لتجنّب الأخطاء السابقة. تُرى، كم ستكون قيمة هذه المعلومات لرجال مجانين، أو شبه مجانين؟

في حالة الشركات التكنولوجية الحيوية مثل سيليرا وجيننتك، سنقول بثقة إننا نعرف كم تساوي تلك المعلومات. على سبيل المثال، استثمر كريغ فنتر وشركته سيليرا كلّ شيء في فكرة إحداث فتح علمي جذري في علاج الأمراض عبر المنابلة الوراثية. يعتقد الباحثون بإمكانية معالجة نحو 1,600 مرض بطريقة ما عبر المنابلة الوراثية، بالرغم من أنهم قد يختلفون بشأن قوة العلاقة بين جين معيّن ومرض معيّن. ولكنّ قوة البراهين المقدّمة على العلاقة بين الجينات والأمراض رفعت قيمة السوق لأسهم سيليرا 600 بالمائة[28]. من جهة، يُعتبَر هذا خبراً جيّداً للمشاريع الحرّة. ومن جهة أخرى، فإنّ ذلك النوع من الصعود (والهبوط التالي) يُعتبَر أكثر من كافٍ لإغراء الأفراد لجعله ينجح، وهو ما أثار قلق المعارضين، داخل الحقل وخارجه على حدّ سواء.

وعلاوة على ذلك، بدأت هذه الشركات بالفعل بالانتقال من علاج الأمراض إلى التحسين والتعزيز من خلال ما سُمِّي بالدوائيات التجميلية أو المعالجة الجينية البديلية[29]. بالنسبة إلى العديدين، فإنّ الدعوة إلى إيجاد علاج للسرطان هو شيء، والضجيج من أجل خطوط فكّ أوضح أو أنوف معقوفة أكثر هو شيء آخر تماماً. هل نحن متّجهون نحو سلسلة من برامج الحقيقة التلفزيونية المستندة إلى "تحسينات

وراثية جذرية" أو "اختر طفلك المثالي"؟ يقلق بعض الخبراء في الحقل من أننا لسنا متّجهين فقط إلى هناك، بل قد نكون بالفعل سائرين على تلك الطريق. وبالنسبة إلى العديد جداً من المعارضين، نحن نتلاعب بأشياء لا يحق لنا التلاعب بها[30].

إنّ العديد من الأمراض الموسومة للعلاج الوراثي هي سلوكية بقدر ما هي وراثية (على سبيل المثال، بعض أكثر الأمراض خطورة هي اعتلال القلب، والسرطان، والداء المخيّ الوعائي، والإصابات العَرَضية، ومرض الرئة المزمن، وداء السكّري). بالنسبة إلى هذه الأمراض، قد تكون المنابلة الوراثية موضع نقاش[31]. ولكن بالرغم من الأبحاث الجديدة التي تُجرَى حالياً حول ما يُعرَف بعلم الوراثة السلوكي، إلا أنه لا يزال جديداً تماماً وأكثر إثارةً للجدل من الهندسة الوراثية. يذكّر أحد العلماء بأننا لسنا جيناتنا، ولكننا قد نصبح جيناتنا فعلاً إذا سمحنا لأنفسنا بأن تُعالَج من قِبَلها أو من قِبَل أولئك الذين يرغبون في معالجتها[32]. إنّ فرط الاعتماد على المنابلة الوراثية للتحسين، والتحكّم بالمرض، والعلاج سيضمن ببساطة أنّ الكثير جداً من السيطرة على الكثير جداً من حياتنا سيُوضَع في أيدي قلّة قليلة منّا. لسنا بحاجة إلى العودة إلى الوراء سنوات عديدة في تاريخنا لنرى أنّ الخبراء أنفسهم، سواء بحسن نيّة أم لا، يمكن أن يقودونا في الاتجاه الخطأ. لجيلٍ كامل، كان علم الوراثة المندلي (نسبةً إلى مندل) ممنوعاً في روسيا بينما سُعِي بحماسة وراء الإبادة الجماعية في ألمانيا، وكلاهما مع الدعم الكامل لعلم ذلك الحين[33].

تكثُر قضايا السرّية في هذا العصر الجديد من المنابلة الوراثية. على سبيل المثال، يمكن إجراء الاختبار الوراثي لمروحة واسعة من الأسباب: تشخيص قبل الاغتراس (الزرع)، وتشخيص قبل الولادة، وتقصّي (أو فحص) حديثي الولادة newborn screening، واختبار الناقل carrier testing، والتحليل التشخيصي، والتحليل التثبيتي، والاختبار التوقّعي أو قبيل ظهور الأعراض المثالية للمرض، واختبار القابلية susceptibility testing[34]. وفي حين أنّ كلّ نوع من أنواع الاختبارات هذه له أساس طبي معقول (بالرغم من أنّ البعض قد يكون أقلّ إقناعاً من البعض الآخر)، إلا أنّ كلّ واحد منها يمثّل أيضاً قضية سرّية خطيرة جداً ومؤذية احتمالاً. وفي حين أنّ العلماء قد يجادلون بشأن اختبارات متنوّعة، إلا أنهم جميعاً يتفقون على أنّ الاختبار التوقّعي واختبار القابلية يثيران قضايا أخلاقية وأدبية جديدة وأكثر تحدّياً. إنّ ضمان أنّ هذه النتائج لن تُرَى أبداً من قِبَل أيّ شخص سوى أولئك الذين يحقّ لهم رؤيتها هو أمرٌ

مستحيل ببساطة في عصر قراصنة الكومبيوتر هذا. وفي حين أننا قد لا نريد أن نمنع الاختبار لهذا السبب وحده، إلا أنه بالتأكيد سببٌ قوي بما يكفي لجعله واضحاً بصورة خاصة لأولئك الذين يفكّرون في الخضوع لاختبار وراثي من أيّ نوع.

وفقاً للبعض، فإنّ النتائج الأخلاقية هائلة. تشمل المشاكل التمييزَ بناءً على اختبارات التشخيص الوراثي، والممارسات السلبية من الإجهاضات العلاجية، وممارسات تحسين النسل الإيجابية والسلبية بما فيها تقنيات "في الزجاج in vitro" (سواء التشخيصية أو من قِبَل التكنولوجيات المتقدّمة)، واستنساخ الأجنّة البشرية لاستعمالها في زراعة الأعضاء، والاستعمالات اللاأخلاقية للأجنّة في إجراء التجارب أو المتاجرة بها، والممارسات السلبية المتعلقة بهندسة حيوانات المزرعة وراثياً لتكون مصانع للأدوية[35]. وفي حين أنّ كلا الطرفين مدركان تماماً لهذه المشاكل، إلا أنّ الاهتمام بهذه القضايا لا يتعدّى تسميتها. كما أنّ أحداث 11 أيلول (سبتمبر) 2001 قد أضافت عنوان الإرهاب الحيوي إلى هذه القائمة المرعبة من مخاوف الحمض النووي المؤتلف[36]. آخذين في الاعتبار حسابات عالمنا خلال الحرب على الإرهاب، لا يمكننا أن ندع الأحداث الحالية تُبهِم تفكيرنا الصحيح بشأن هذه القضية الأساسية، ولا استجابتنا الصحيحة لأولئك الذين سيستخدمون الحمض النووي المؤتلف لأهداف شريرة حصرياً.

الاستعمالات الطبية للخلايا الجذعية: المناظرة الحالية

يستمرّ استعمال الخلايا الجذعية، خصوصاً الخلايا الجذعية الجنينية، في إثارة المناظرة. تركِّز المناظرة على ما إذا كان يجب أن يُسمَح للباحثين بوصول لامحدود إلى الخلايا الجذعية الجنينية واستعمالها (خلايا لم يتمّ استحثاثها بعد لتصبح أنواعاً معيّنة من الأنسجة) مقابل استخدام الخلايا الجذعية البالغة (خلايا ذات استعمال محدّد موجودة في نخاع العظم وأعضاء مثل الطحال، والكبد، والنسيج الأنفي، ودهن الدماغ، ودم الحبل السرّي). وفي حين أنّ الخلايا الجذعية البالغة متوفّرة في كلّ التعداد البشري ويمكن استخلاصها بسهولة نسبية (ولكن ليس بدون عناء)، إلا أنّ الخلايا الجذعية الجنينية يجب أن تؤخذ من أجنّة بشرية يتراوح عمرها بين خمسة وسبعة أيام، وعملية الاستخلاص هذه مُهلِكة للجنين[37]. تركّز الحجّة على بشائر النجاح للخلايا الجذعية الجنينية. يقول البعض إنها تحمل إمكانات شفاء 100 مليون مريض بأمراض متنوّعة. ويشكّك آخرون في هذا العدد ويجادلون أيضاً بأنّ أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية لا ضرورة لها بتاتاً. يجادل المعارضون بأنّ أبحاث الخلايا الجذعية البالغة

تُظهر بشائر نجاح أفضل بكثير بينما تمّ الترويج بإفراط لنجاحات الخلايا الجذعية الجنينية. وعلاوة على ذلك، يجادل هؤلاء المعارضون بأنّ الأبحاث على الحبال السرّية الموهوبة فعّالةٌ بنفس القدر وقد حقّقت نجاحاً عظيماً في معالجة عدد من الأمراض، أهمّها داء غانشر، ومتلازمة هنتر ومتلازمة هيرلر، والابيضاض اللمفاوي الحاد[38].

يُرجّح أنّ كلّ قارئ تقريباً قد سمع شيئاً عن هذه المناظرة بسبب الحملة العلنية جداً التي قام بها الممثّل كريستوفر ريفز قبل موته المأساوي في العام 2004. تعرّض السيد ريفز لحادثة ركوب خيل جعلته مشلولاً من الرقبة نزولاً. أدّت جهوده وجهود مؤسّسته إلى دفع هذا البحث الجديد إلى طليعة أحاديث طاولة الغداء. كما أنّ ابن الرئيس السابق رونالد ريغان، رون، جعل المناظرة أكثر علنية خلال انتخابات 2004 الرئاسية. خرج السيد ريغان الشاب مؤيّداً للمرشّح الديموقراطي، جون كيري، بالرغم من أنّ والده قد حكم البلد لفترتَين رئاسيّتَين كجمهوري محافظ مخلص[39]. جاء السيناتور كيري خلال الحملة ببرنامج أقوى وأبعد أثراً بكثير ممّا جاءت به إدارة الرئيس بوش (أو اقترحته) حتى الآن. لا شكّ في أنّ انحراف السيد ريغان عن خطّ والده (كجمهوري محافظ) له علاقة بإصابة والده بداء ألزهايمر.

لا تزال الأبحاث حول الخلايا الجذعية الجنينية تمهيدية جداً. على سبيل المثال، أظهرت التجارب على الحيوانات نتائج مختلطة جداً؛ لا شيء حاسم. أمّا أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية حول داء السكّري فقد أظهرت نتائج مبشّرة بنجاح في بداية العام 2001، ولكنّ الأبحاث التالية أظهرت أنّ الخلايا المنتِجة للإنسولين المُولِّدة من الخلايا الجذعية الجنينية قد أنتجت فقط 2 بالمائة من المقدار الطبيعي. وفي السياق نفسه، كشفت دراسة أُجرِيت في العام 2004 عن النزعة المقلقة للخلايا الجذعية الجنينية ليس فقط لتطوير خلايا منتِجة للإنسولين بل أيضاً لتطوير أورام مميتة لدى الفئران[40]. فمن جهة، بالكاد يبدو هذا مفاجئاً، بالنظر إلى حداثة البحث. ومن جهة أخرى، سيكون من شأن النجاحات الضئيلة أن تبرِّر إبطاء أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية.

هنا حيث تكمن المناظرة. اتّبع الرئيسان ويليم كلينتون وجورج و. بوش العملية المنهجية نفسها، كما أُشير في فصلٍ سابق. إنّ السياسة الأميركية حول الخلايا الجذعية الجنينية هي أكثر تساهلاً من سياسة 23 دولة أخرى، من بينها ألمانيا، وإسبانيا، وفرنسا،

وكندا. وهناك عشر دول لديها سياسة خلايا جذعية جنينية أكثر تساهلاً بكثير من السياسة الأميركية، ومن بين هذه الدول المملكة المتحدة، واليابان، والصين. ومع ذلك، فإنّ السياسة الأميركية، دوناً عن كلّ السياسات الأخرى، تنال معظم النقد[41].

وفي حين أنّ استعمال الخلايا الجذعية الجنينية لم يسفر إلا عن نتائج مختلطة، إلا أنّ استعمال الخلايا الجذعية البالغة كان مبشّراً أكثر بالنجاح. فالخلايا الجذعية البالغة قد استُخدِمت بنجاح لعلاج داء باركنسون، وعيوب الغضروف، والعمى، والذأب، والتصلّب المتعدّد، والتهاب المفاصل الرثياني، ومرض نقصان المناعة الوخيم المشترك (SCID)، وأنواع مختلفة من ابيضاض الدم (اللوكيميا)، والأورام الصلبة، وأورام الأرومة العصبية، والأورام اللمفاوية غير الهدجكنية، والأورام الكظرية، وبعض أمراض الطفولة العصبية[42]. وتشير بعض الأبحاث الجديدة أنه قد يكون هناك علاج حتى لتحسين الذاكرة[43]. كما أنّ التجارب السريرية باستخدام الخلايا الجذعية البالغة كانت ناجحة في علاج النوبات القلبية الوخيمة. ومع ذلك، وكما هو صحيح في معظم تاريخ الهندسة الوراثية، فإنّ الوعد غالباً ما يتخطّى الأداء. على سبيل المثال، نُظِر مؤخّراً بتشاؤم إلى كلّ المعلومات التفاؤلية في ما يتعلق بالتصلّب المتعدّد والهندسة الوراثية عندما ثبت أنّ المريض الثاني الخاضع لعلاج دوائي للمرض قد أصيب بإنتان نادر ومميت[44].

إذاً، لماذا الخلاف؟ لماذا لا نمارس أبحاث الخلايا الجذعية البالغة بنشاط بينما نبطئ أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية؟ جزئياً، هذا ما يتمّ فعله الآن، على الأقلّ في الولايات المتحدة تحت حكم الرئيس جورج و. بوش. كان مستشار الرئيس بوش، الدكتور ليون كاس، الذي هو نفسه طبيب واختصاصي في علم الأحياء، المؤيّدَ الرئيس لهذه الحجّة وقد دأب على الدفاع عنها بشكلٍ قاهر على مدى الثلاثين سنة الماضية. ولكن، هناك آخرون يجادلون من أجل سياسة أكثر تساهلاً ستسمح بالأبحاث على كلتا الجبهتَين في آن. وفي حين أنّ هؤلاء المؤيّدين يفهمون أنّ السياسة ستؤذي البعض بتدمير الأجنّة، إلا أنهم يجادلون بأنّ إمكانية إنقاذ حياة العديدين، وحتى الملايين، ترجّح أيّ اعتبار آخر. هذه المقاربة المنفعية تقريباً تخيف البعض بينما تُنذر البعض الآخر بالخطر[45]. وعلاوة على ذلك، هناك فرصة الآن لمزيد من المماحكة الأخلاقية، بسبب تقنيّتَي الهندسة الوراثية على مستوى الخلايا الجنسية (germline engineering) وانتقاء الجنين. تشتمل التقنية اللاحقة منهما على تشخيص ما قبل الاغتراس الوراثي

(PGD)، الذي يسمح برمي الجنين قبل الاغتراس، وهذا يعني أنّ المرء يمكن أن يرمي جيشاً من الأجنّة قبل أن يقرّر بشأن منفعة أحدها[46]. ومع ذلك، من غير المرجّح أن تنتهي المناظرة مع بقاء البلد منقسماً بالتساوي تقريباً حول أخلاقية إنقاذ البعض على حساب البعض الآخر، حتى عندما يكون هذا "البعض الآخر" عبارة عن أجنّة غير مكتملة النموّ بعد. ويزداد عدد المؤيّدين للسياسة الحالية عندما تصبح الحجّة هي تلك لإحداث أجنّة فقط من أجل إنقاذ حياة آخرين[47].

قد تصبح مناظرة الخلايا الجذعية غير ذات أهمية عملية إذا تبيّنت صحة نتائج دراسة حديثة. ففي دراسة نُشِرت في كانون الثاني (يناير) من العام 2005، جودِل بأنّ الخلايا الجذعية الجنينية الحالية، على الأقلّ تلك التي خُصِّص لها تمويل فدرالي للأبحاث، قد تكون ملوّثة بجزيئات حيوانية[48]. تمّ استنبات جميع المستعمرات أو الخطوط الـ 22 للخلايا البشرية التي وافقت عليها الحكومة بمساعدة مُغذٍّ حيواني يعبّر عن سكّر حمضي، هو حمض إن-غليكولينيورامينيك (N-glycolyneuraminic acid أو Neu5Gu). يوجد هذا الحمض في الخلايا الحيوانية ولكنه لا يتواجد طبيعياً في الخلايا البشرية. وفقاً لهذه الدراسة، تمّ التعبير الآن عن هذا الحمض في الخلايا البشرية بطريقة تستحثّ الخلايا البشرية على مهاجمة الخلايا الحيوانية كأجسام غريبة. تجادل الدراسة بأنّ الخطوط أو المستعمرات هي الآن عديمة النفع للعلاجات البشرية ولا بدّ من إنشاء خطوط جديدة. والحصول على خطوط جديدة سيعني تدمير الأجنّة من أجل إنشاء هذه الخطوط. ينبغي حتماً دراسة هذا الدليل الجديد بعناية للتأكّد من هذه الشكوك المبكرة. وفي غضون ذلك، أضاف هذا الدليل وقوداً جديداً إلى نار الخلايا الجذعية المحتدمة.

وأخيراً، فإنّ مبادرة كاليفورنيا الحديثة بالموافقة على 300 مليون دولار سنوياً لأبحاث الخلايا الجذعية قد زادت من حدّة هذه المناظرة. يجعل هذا المبلغ ولاية كاليفورنيا زعيمةً ليس فقط بين الولايات الأميركية، بل أيضاً بين دولٍ مثل السويد وسنغافورة اللتين جعلتا أبحاث الخلايا الجذعية أولوية وطنية[49]. خصّصت حكومة الولايات المتحدة الفدرالية 24 مليون دولار فقط سنوياً لأبحاث الخلايا الجذعية. تخشى ولايات عدّة أنّ مبادرة كاليفورنيا (اقتراح 71، المُقَرّ خلال انتخابات العام 2004) ستؤدّي إلى تجريد الولايات الأخرى من أدمغتها. على سبيل المثال، تسعى ولاية ماساتشوستس الآن إلى تمويل أبحاث الخلايا الجذعية وتستحثّ مُشرِّعيها على

إقرار قوانين ستجعل أبحاث الخلايا الجذعية قانونية ومُشجَّعة. وتسعى ولايات أخرى، مثل فلوريدا، لاكتساب الميّزة على غيرها. تقوم مجموعة خاصة في فلوريدا، حيث حاكم الولاية هو شقيق الرئيس، بحملة لتدبيرٍ حكومي سيزوّد أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية بـ 1 إلى 2 مليار دولار. وفقاً لتقرير حديث، فإنّ المنجم المالي المقترح من اقتراح 71 قد تمّ تخفيضه. يجادل التقرير بأنّ مواطني كاليفورنيا لديهم "توقّعات تفاؤلية بصورة غير واقعية" بشأن المكاسب المالية المحتملة[50].

وحتى تقنيّات استنساخ دوللي التي أثارت اهتمام وسائل الإعلام (انظر الفصل 5) هي الآن موضع بحث جديد. على سبيل المثال، وأظهرت دراسة حديثة أنّ إجراء الاستنساخ (النقل النووي للخلايا الجسدية) المستخدَم في دوللي وفي حشد من الحيوانات الأخرى المُستنسَخة هو غير فعّال للغاية إلى حدّ إثارة أسئلة بشأن الإجراء في ما يتعلق بالحيوانات، ناهيك عن البشر. تطلّبت تلك العملية 277 محاولة، باستخدام خلايا جسدية يمكن الحصول عليها بسهولة من حيوانات بالغة. ومع ذلك فإنّ اللافعاليّة القصوى تطرح أسئلة بشأن استخدام الحيوانات كمفاعلات حيوية لتكون مختبرات للأدوية ومانحة للأعضاء[51]. لا تشكّل هذه اللافعاليّة قلقاً فحسب، ولكنّ بعض النقّاد يجادلون بأنّ النقل النووي للخلايا الجسدية يؤدّي أيضاً إلى الموت المبكر للأمهات البديلة، مُبدين ارتيابهم في الاستنساخ البشري والحيواني على حدّ سواء[52]. ويجادل آخرون بأنّ مشروع الاستنساخ بأكمله (بما فيه مشروع الجينوم البشري) يُنشئ ما يُعرَف بتكنولوجيا "الغني مقابل الفقير" التي قد تدفع القدرات الحكومية إلى حرمان أشخاص أو كينونات معيّنة منها، لينتج عن ذلك نوعٌ من المناقشة العامة بشأن التكنولوجيا، تُنهي بفاعلية جميع الأبحاث من هذا النوع[53].

التكنولوجيا الحيوية لقِطَع الغيار

إذا كان كلّ هذا ليس كافياً، فهناك الآن قضية صنع قِطَع الغيار البشرية، مثل العديد جداً من القطع الآلية في محلات صيانة السيارات. يفكّر الباحثون بالفعل بشأن تصنيع الأجزاء البشرية وبدأوا بصنع صمّامات للقلب البشري، وأثداءً، وآذاناً، وأوعية دموية، وبنكرياساً، وغضروفاً، وأنوفاً، وأجزاء جسدية أخرى[54]. الرجلان المسؤولان عن تطوير هذا الحقل هما روبرت لانغر، بروفيسور هندسة الكيمياء والهندسة الطبية الحيوية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، والدكتور جوزيف ب. فاكانتي، أستاذ الجراحة في كلية طبّ هارفارد. يجادل لانغر وفاكنتي بأنّ "الفكرة تتمثّل الآن في

تصنيع أعضاء بدلاً من الاقتصار على عملية نقلها"[55]. يجادل البعض بأنّ هذه هي فقط الخطوة المنطقية التالية بعد استعمال الأجزاء الحيوانية كبديل للأجزاء البشرية. ويجد البعض أنّ إنتاج مخازن جسدية، إذا جاز التعبير، هو أمرٌ مزعج أدبياً وأخلاقياً، حيث يمكن شراء قطع غيار بشرية عندما تفشل القطع الأصلية أو تفقد قوّتها ونفعها المفترَضين.

إنّ التكنولوجيا لهذه العملية جارية مجراها بالفعل، وكذلك هو حال المتاجرة بها. وإحراز هذه الأعضاء سيتطلّب تدمير أجنّة أو زرعها لهذا الهدف وحده، إلا إذا تغيّرت التكنولوجيا. من الواضح أنّ هذه العملية لا تحظى بموافقة الجميع، لأنها تتطلّب حصاداً من الأجنّة البشرية (would-be humans) في خدمة أولئك الذين أصبحوا بالفعل كاملي النموّ جسماً وعقلاً وربما أساؤوا استعمال ما وُلِدوا به. وفي حين أنّ البعض يجادل بأنّ لدينا التزاماً باستخدام المنتجات الجسدية بطريقة تنفع الجميع (باستثناء، طبعاً، تلك الأجنّة المكدّسة للخدمة)، إلا أنّ آخرين ينظرون إلى الأمر على أنه استثمار للأحياء[56]. طرحت هذه القضية من جديد السؤال: إلى أيّ مدى سيتحمّل أيّ مجتمع التلاعب بحياة الناس؟

المعالجات الجينية النوعية: أين نحن الآن؟

إنّ التوصّل إلى علاج لمرض اللياف الكيسي (CF) الموهِن بدايةً والمميت لاحقاً هو الأمل الرئيس بين آمال أبحاث الخلايا الجذعية. وفقاً للعلماء، فإنّ لمرض اللياف الكيسي "نمطاً واضحاً ومطّرداً من الوراثة المتنحّية"، يتيح للباحثين أن يبحثوا عن جين اللياف الكيسي النوعي الذي يسبّب المشكلة. تُعرَف العملية بتحليل تعدّد أشكال أطوال الشدَف الحصرية restriction fragment length polymorphism analysis وتسمح للعلماء بتحديد موقع المشكلة على سلسلة الحمض النووي[57]. عندما يقع واسم قرب جين نوعي، يكون الاحتمال كبيراً بأنّ الواسم والجين سينتقلان بالوراثة معاً. ومع ذلك، فإنّ ما أقلق العلماء هو أنه بالرغم من أنهم قد أصبحوا على مقربة جداً من كشف هذا الغموض، إلا أنهم لا يزالون بعيدين عن إيجاد علاجٍ شافٍ.

تشير دراسات حديثة إلى أنّ الخلايا الجذعية الخاصة بمريض اللياف الكيسي قد تساعد في علاجه[58]. ولكنّ الدراسة جديدة جداً، ولا بدّ من القيام بالمزيد من العمل. كما أنّ المعالجة، في حال نجاحها، لن تقدّم فعلاً دواءً شافياً ولكنها ستساعد في علاج المرضى المصابين بهذا المرض الرهيب. تكمن صعوبة علاج مرض اللياف الكيسي

في انسداد الممرّات الهوائية الناشئ عن فشل في خلايا الرئتين. يحدث هذا بمعدّل سريع نسبياً - وليس هناك شيء لإعاقة تقدّمه - حيث إنّ العلاجات حتى الآن قد مدّدت حياة المرضى ولكنها لم تشفِ أياً منهم. يشير أحد الباحثين إلى أنه بالرغم من أنّ الخلايا الجذعية قد تصبح مفيدة في هذا البحث عن علاج شافٍ، إلا أنّ تمديد حياة المرضى مصدره "التغذية الجيدة، واستعمال المضادات الحيوية، والعلاج الفيزيائي الدقيق، والفهم المتزايد للمرض"[59]. ومع ذلك، من المهمّ أن نتذكّر أنّ هذا المرض (يحمل 1 من كلّ 25 أميركياً تقريباً طفرة في جين CF) يمكن أن يُكتشَف بسهولة باختبار موثوق جداً ومنخفض التكلفة[60]. هل حان الوقت للمطالبة باختبار عامّ أكثر لنسبة أكبر من السكّان؟

هذا سؤال يستحثّ الكثير من الجدل، كما أُشير آنفاً. ففي حين أنّ الاختبار الوراثي قد ينقذ الأرواح، كما يجادل البعض، إلا أنه أيضاً يجعل العديدين يعيشون حياة مشوّشة. إذا كانت نتيجة الاختبار إثباتية، فهذا لا يعني بالضرورة أنّ الشخص سيُصاب بالمرض. في هذه الحالة، يمكن أن تكون المعلومة ضارة أكثر منها نافعة. ولهذا، فإنّ المطالبة بقانون سيجعل الاختبار الوراثي إجبارياً لم تلقَ الكثير من القبول، وربما لا شيء منه[61]. إنّ الإخفاقات أو شبه الإخفاقات لاختبارات سابقة، كما في الحالات المبكرة لاختبار الخلل الأيضي الوراثي (PKU المذكور آنفاً، والذي أصبح الآن مُتقناً إلى حدّ كبير) وفقر الدم المنجلي تثير أسئلة أخلاقية هامة ولكن غير محلولة بعد. وفي حين أنّ هناك بعض الجهد لجعل التقصّي الجيني أكثر قبولاً على نطاق واسع، إلا أنّ كلّ نتيجة إثباتية خاطئة جديدة تجعل البرنامج يتراجع بسرعة كبيرة. إنّ كيفية تقبُّل الأفراد لنتيجة الاختبار (وهذا لا يشمل كيف ستستخدم شركات التأمين معلومة كتلك) هو أساسي في هذا الجدال[62]. في غضون ذلك، فإنّ الوعد بعلاج الداء الرئوي السادّ المزمن (COPD) بحلول العام 2010 مستمرّ، ولكنه الآن مجرّد وعد.

من شأن السرطان أيضاً أن يميل تجاه علاجات الخلايا الجذعية[63]. العلماء متحمّسون الآن لأنهم تمكّنوا من تحديد أنه عندما تنتقل الخلايا من الحالة السليمة إلى السرطانية، تحدث تغييرات معيّنة واضحة جداً، حيث تتوقّف الخلايا عن التمايز، أو التخصّص[64]. كما يبدو أنها تصبح خالدة، ما يعني أنها تنقسم بلا حدود وتسلك أنواع سلوك أخرى تقود إلى موت المريض. بفحص هذه الخلايا في الزجاج، يتوصّل العلماء الآن إلى فهم كيفية إبطال التلف الناجم عن الخلايا السرطانية. يجادل البعض

بأنّ المزيد من الدراسة سيقود إلى اكتشاف حاسم نهائي سيسمح ببعض التعديل الوراثي الذي سيعيق أو يُوقِف تقدّم السرطان[65]. ولكنّ العلماء يوافقون أيضاً على أنّ هناك عوامل سلوكية عديدة تؤثّر سلباً في أية علاجات محتملة، بغضّ النظر عن مدى فاعليّتها. على سبيل المثال، حتى لو قادتنا التطوّرات إلى شفاء كامل من بعض أنواع السرطان عبر الخلايا الجذعية، فإنّ الباحثين متّفقون على أنه سيكون ذا تأثير دائم قليل إذا لم يتمّ أيضاً كبح جماح أنواع السلوك المُستحِثّ للمرض.

كما أنّ علاجات الحمض النووي الناجحة لداء كرون (التهاب بطانة الأمعاء الدقيقة) كانت مُشجِّعة أيضاً. باستخدام تكنولوجيا الحمض النووي، تمكّن العلماء من إرسال جزيء مضادّ للانتساخ antisense molecule لتثبيط عملية الالتهاب[66].

أدّى استعمال تكنولوجيا الحمض النووي المؤتلف أيضاً إلى اكتشاف تأثيرات أحادية الجين في الفصام، والاكتئاب الهوسي، وداء ألزهايمر[67]. وتمكّن العلماء أيضاً من تعيين التوقيع الجزيئي الفريد في الدم للفصام، والاضطرابات ثنائية القطب[68]. استخدمت إحدى الشركات، وهي شركة كوندروجين تورنتو ChondroGene of Toronto، مقاربتها الجديدة المعروفة باسم قاعدة الخفير Sentinel Principle لتعيين الواسمات الحيوية لحالة الجسم باستخدام الدم. تعمل الشركة أيضاً على اختبارات دم مماثلة للسرطان، والأمراض القلبية الوعائية، والتهاب المفاصل. وعلاوة على ذلك، عيّن الباحثون في جامعة ديوك الدليل المباشر الأوّل في الفئران على دور السيروتونين في الدماغ. يؤمَل أنّ هذا سيقود أيضاً إلى علاجات مستقبلية أفضل للاضطرابات العقلية[69].

يصيب ورم أرومة الشبكية الوراثي، وهو نوعٌ من سرطان العين، طفلاً واحداً فقط من كلّ 200 طفل في الولايات المتحدة، ولكنّ العلماء تمكّنوا من علاجه باستخدام تكنولوجيا الحمض النووي. قبل ذلك، اشتمل علاج هذا المرض، الذي يضخّم العين بشكلٍ كبير، على إزالة مقلة العين. باكتشافهم أنّ ورم أرومة الشبكية الوراثي سببه قطعة حمض نووي مُغيَّرة، يعتقد العلماء الآن أنهم إذا اكتشفوه مبكراً بما يكفي، فبإمكانهم أن يستبدلوا الجين المفقود أو المغيَّر[70]. وهناك شكلٌ معيّن من سرطان القولون، هو سرطان القولون اللاسليلي الوراثي (أو متلازمة لينش)، يستجيب أيضاً بنحوٍ جيد لعلاج الحمض النووي. فما إنّ تمّ وسم الجين المسؤول، حتى تمكّن العلماء من إعاقة الورم أو إيقاف نموّه من خلال قمعه بجين قامِع للورم[71]. والباحثون

متحمّسون بنفس القدر بشأن اكتشاف تداخل الرنا RNA interference، وهي آلية تتيح لهم تشغيل الجينات أو إيقافها. تشير الأبحاث المبكرة إلى أنّ هذه الآلية ستكون لها آثار بعيدة المدى على المسنّين، الذين يعانون من إبصار ضعيف إلى متداعٍ، حيث ستتيح لهم إيقاف تشغيل الجين الحامل للإبصار التنكّسي. وتلك فقط هي البداية[72]. في حال نجاحها، سيكون لآلية تداخل الرنا نتائج طويلة الأمد.

ليس كلّ شيء على واجهة زرع الخلايا الجذعية/ الجينات له علاقة بالمرض. يقوم مركز الهندسة العصبية في جامعة جنوب كاليفورنيا بالعمل على زرع رقاقة سيليكون تُحاكي الحصين (قرن آمون في الدماغ)، وهو المنطقة المسؤولة عن إحداث الذكريات[73]. ليس واضحاً الآن كيف ستعمل الرقاقة في اختبارٍ حيّ، أو ما إذا كانت ستنجح حتى، ولكنّ البحث حتى الآن يدعو للتفاؤل جداً. إنّ إعادة إحداث الذاكرات طويلة الأمد لدى المرضى المصابين بتلف دماغي، أو مجرّد إحداث ذاكرات أفضل، قد يكون أمراً ممكناً قريباً، وفقاً لما يقوله الباحثون في المركز.

ثمّة استعمال غير طبي آخر هو ذاك للميكروبات المعدّلة وراثياً في كشف الألغام الأرضية[74]. تستشعر بكتيريا معيّنة ما يُسمّى بثالث نترات التولوين (المعروف بالـ TNT) بالإضافة إلى أنواع أخرى من المواد المتفجّرة. بما أنّ هذه الألغام الأرضية تُسرِّب موادّها المتفجّرة، فالفكرة هي أن تُرشّ الحقول المشبوهة بالميكروبات من الجوّ، والسماح لها بالعمل، ومن ثمّ تسليط ضوء فوق بنفسجي فوق الحقل ليلاً. وحينها سيضيء كلّ لغم موقعه. تمّ إجراء الاختبار في ولاية جنوب كارولينا، على مساحة تجاوزت الـ 300 متر مربع. عيّنت الميكروبات موقع كلّ الألغام الأرضية الخمسة المخفية. إنّ استعمالات هذه التكنولوجيا واضحة وستنقذ العديد من الأرواح في المناطق التي خرّبتها الحرب.

من بين كلّ 3,500 مولود ذكر في الولايات المتحدة هناك مولود واحد تقريباً يفتقر إلى جين عامِل لبروتين عضلي هامّ يُسمّى ديستروفين[75]. يؤدّي نقص هذا البروتين إلى سوء تغذية في العضل. الشكل الأكثر شيوعاً من هذا المرض هو الحثل العضلي الدوشيني، حيث تذوي العضلات تدريجياً، ويكون الموت حتمياً في النهاية لهؤلاء المرضى مع دخولهم العقد الثالث من العمر. يصعب جداً عزل الحثل العضلي، ولكن في العام 1991 اكتشف العلماء تكنولوجيا طُوِّرت في شركة فيكال Vical في سان دييغو، أتاحت لهم حقن الديستروفين في عضلات الفخذ لفئران. البحث مُبشِّر جداً

بالنجاح بالرغم من أنّ أقلّ من 3 بالمائة من الفئران المحقونة فعلياً بالديستروفين قد أنتجت بروتين الديستروفين الضروري لمنع الحثل العضلي.

لأكثر من عقد، عرف العلماء أنّ هناك واسِمَين وراثيّين معيّنين (طفرتَين) لسرطان الثدي، هما BCRA-1 وBCRA-2[76]. في العام 1997، كشف صائد الجينات الشهير مارك سكولنيك في المركز الطبي لجامعة يوتا غموضَ الذراع الطويلة للكروموسوم 17 ووجد الحمض النووي الطافر الذي يُشار إليه الآن باسم BCRA-1[77]. عنى ذلك الاكتشاف أنّ أيام الـ BCRA-2 باتت معدودة. وفي تلك السنة نفسها، وجد كلٌّ من ديفيد غولدغار (يوتا)، ومايكل ستراتون (معهد أبحاث السرطان في ساتون، سري، إنكلترا)، ودوغ إيستون (أيضاً من معهد أبحاث السرطان) المتهم الثاني على الذراع الطويلة للكروموسوم 13. تُشجَّع النساء على الخضوع للاختبار الوراثي ليعرفن إن كان لديهن هذان الواسمان. على سبيل المثال، قد يزيد الـ BCRA-2 (ولو بشكلٍ طفيف) احتمالَ إصابة المرأة بسرطان المبيض أيضاً، ولهذا، إذا كانت نتيجة امرأة في هذا الاختبار إثباتية، فقد تفكّر في الخضوع لعملية استئصال مبيضَيها كإجراء وقائي. على كلّ حال، فإنّ وجود الواسِمَين BCRA-1 وBCRA-2 يلعب دوراً في السرطانات الخبيثة الانتشارية وينبّه الأطباء لمعالجة الأمر بمنتهى الجدّية.

ومع ذلك، وبالنسبة إلى أنواع أخرى من سرطان الثدي، فإنّ معرفة ما يجب القيام به ليست بالأمر السهل. ما نعرفه بالفعل هو انتشار هذه الأمراض، وهذا يساعد في شرح السبب وراء كدّ الباحثين لمعرفة المزيد. ستُصاب واحدة من بين كلّ 8 نساء في الولايات المتحدة بسرطان الثدي أو المبيض، ما يعني أنّ الاحتمال بأنك ستعرف امرأة ستقع ضحية لهذا المرض، سواء أكانت زميلة أو أماً أو شقيقة أو عمّة، قويٌّ جداً[78]. ولكن ليست كلّ سرطانات الثدي متشابهة.

على سبيل المثال، هناك نوعٌ محيِّر من سرطان الثدي، يُعرَف بالسرطانة اللابدة القنوية (DCIS)[79]. ينشأ الـ DCIS في قنوات الحليب في ثدييّ المرأة. في بعض الحالات، لا ينبتّ هذا السرطان أبداً ولا يسبّب أية مشكلة. وفي حالات أخرى، يظهر وينتشر بسرعة كبيرة جداً حيث إنّ العلاج غالباً ما يكون قراراً متّخذاً سلفاً عند اكتشافه. عندما يُكتشَف هذا السرطان لدى مريضة، لا يعرف الأطباء غالباً ما إذا كان يجدر بهم أن يعالجوه بعدوانية أو أن ينتظروا ليروا كيف سيتطوّر. ولكن مع الاختبار الوراثي الجديد، يستطيع الأطباء الآن أن يربطوا DCIS، وBCRA-1، وBCRA-2 معاً.

يمكن الآن للنساء اللواتي لديهن تاريخ عائلي بالمرض أن يُختبَرن وراثياً، وإذا اكتُشِف الواسمان، يمكنهن أن يقرّرن إمّا أن يُجرَى لهن تصويرٌ للثدي واختبارات أخرى على نحوٍ أكثر تكراراً أو أن يخضعن لعملية استئصال للثدي. إنّ وجود واسِمَين سيستدعي بالطبع علاجاً أكثر عدوانية.

إنّ علاج هذه الأمراض وغيرها بالخلايا الجذعية أو بمعالجات جينية مماثلة هو أمرٌ بسيط، حقاً. تشتمل جميع المعالجات الجينية على مفهوم الزرع، ولكن بدون أعضاء[80]. المشكلة هي أنّ التكنولوجيات معقّدة للغاية. وبالرغم من أنّ بضعة علماء فقط توقّعوا أننا سنصل إلى ما وصلنا إليه اليوم، إلا أنّ التعقيد الملازِم لهذه المعالجات وعدم إتقان بعض العلاجات أدّيا إلى نجاحات قليلة، حتى بين الأمراض التي ظُنّ أنها قابلة للعلاج بسهولة[81]. إنّ السرعة التي وصلنا بها إلى الخلايا الجذعية وغيرها من المعالجات الجينية، مقترنة بمعدّل نجاحهما البطيء، باتت تمثّل انتصار وهزيمة الهندسة الوراثية على حدّ سواء. من نواحٍ عديدة، فإنّ الهندسة الوراثية تعد بالكثير جداً بينما تقدّم القليل جداً.

على سبيل المثال، بدا في وقتٍ من الأوقات أنّ إيجاد علاج شاف للتلاسيمية thalassemia – والتلاسيمية هي نوع من فقر الدم يكثر عند الزنوج وسكان حوض البحر الأبيض المتوسط، مرض الدم الذي يصيب العديد من الأميركيين من أصلٍ أفريقي – بات وشيكاً جداً. وكما أُشير في فصول سابقة، فإنّ إحراز نجاح في علاج هذا المرض قد امتنع على العلماء ولكن دونما سبب ظاهر. الأمر كما لو كنا نستطيع أن نرى ثمرة النجاح على الشجرة، ولكننا لا نستطيع أن نكتشف الطريقة للحصول عليها من الشجرة وإلى السوق، إذا جاز التعبير. يُفترَض أن ينجح العلاج، ولكنه، لسببٍ ما مُبهَم ومُحيِّر، لا يفعل. في معظم الحالات، فإنّ كلّ ما تعلّمناه (كما في بحث مارتن كلاين المذكور في فصل سابق) هو أنّ معالجة جينية معيّنة لا تنجح[82]. وهذا بالطبع مفيد تماماً في توجيه العلماء في اتجاه آخر، ولكنه لا يجعل العملية تتقدّم إلى هدف الشفاء النهائي.

تمّت تجربة جميع أنواع الاستراتيجيات مع الرنا والحمض النووي والفيروسات القهقرية retroviruses، ولكنّ معظمها قد فشلت حتى الآن. والبعض منها، كما في حالة الإنسولين ونتائجه التالية المستحِثّة للورم (المذكورة أعلاه)، قد زادت الحالة سوءاً. لحسن الحظّ أنّ التجارب كانت بطيئة والأبحاث الحيوانية دلّت على خطأ طرق

العلاجات للبشر. من المهمّ أن نؤكّد على هذه النقطة، بالنظر إلى أنّ العديدين قد انتقدوا الحكومة لما تصوّروه بأنه حذِرٌ بإفراط أو مُتَوانٍ. في هذه المرحلة من المعرفة التي لدينا، سيكون استعجال العملية تصرُّفاً لامسؤولاً. في العديد من الحالات، سيبدو أنّ الأمراض التي نحن بصددها هي ببساطة أكثر تعقيداً بكثير ممّا تخيّل أيّ أحد.

إنّ الضغط لإيجاد علاجات شافية هو أمرٌ يمكن فهمه. ومتلازمة ليش نهيان lesh -nyhan هي مثال جيد. تُصيب هذه المتلازمة الأطفال الصغار وغالباً ما تتركهم يصخبون، ويتقيّأون، ويؤذون أنفسهم بتصرّفات عضّ وضرب لا يمكن التحكّم بها، كما لو كان بهم مسّ من الشيطان[83]. من الواضح أنّ جميع الأطباء يريدون أن يعالجوا أطفالاً كهؤلاء بنجاح، وهو السبب وراء الاندفاع لإيجاد علاج شافٍ.

ومع ذلك، لسنا بحاجة إلى التركيز على مرضٍ لوحده أو نحصر أنفسنا بأمراض الأطفال لنفهم السبب وراء إلحاح البعض الشديد للنجاح بأيّ ثمن. كمّ منا يريد أن يواجه الانسحاب البطيء من الواقع - سواء لأنفسنا أو لأحبّائنا - الذي هو المصير الحتمي لمرضى ألزهايمر؟ إنّ هذا الاندفاع ضدّ الزمن، أو الخوف، أو المرض هو بالضبط ما يقود إلى الآمال الزائفة، وخيبات الأمل الشديدة، وحتى العلاجات المميتة. وأيضاً، بسبب التكلفة المرتفعة جداً لبحث كهذا، فليس بإمكاننا أن ننكر أنّ الاندفاع إلى علاج ناجح وقابل للتسويق يبرز أيضاً في الآمال التفاؤلية بإفراط، أو في علاجات تكون أحياناً أسوأ من نتائج الأمراض[84].

بالرغم من أنّ العملية التي قادت إلى الباحث الشهير ويليام فرنش أندرسون وولادة المعالجة الجينية قد أثبتت أنها صعبة للغاية، إلا أنّ الطريق أمامنا ليست خالية من الحُفَر[85]. ففي حين أنّ التكنولوجيات الوراثية قد أنشأت طريقاً طبّية عريضة لا حدّ للسرعة فيها، إلا أنّ حُفَرها الأخلاقية والأدبية تبقى دون ردم[86]. وقد رأينا أيضاً أنّ كلّ فشل له أهميّته. على سبيل المثال، بالرغم من أنّ العمل على متلازمة داون كان في ذاته عديم الجدوى حتى الآن، إلا أنه زوّد العلماء بدلائل بشأن الاتجاهات التي يُفترَض بهم سلوكها في العمل على داء ألزهايمر. كما أنّ حصر المعالجات الجينية بتلك الأمراض التي لا تشفى فوراً بل تحتاج إلى وقت (كما، على سبيل المثال، في حالة الحقن للأمراض القلبية الوعائية) يؤدّي إلى توفير هائل في الأموال وانخفاض كبير في الألم[87]. إنّ المجادلة بوجوب التوقّف ستعني، بالإضافة إلى تسليمنا بالفشل الواضح، أننا نُسلِم الناس المصابين بهذه الأمراض (وأولئك الذين سيصابون بها لاحقاً

لا محالة) إلى حياة بدون أمل.

على الرغم من غرابة هذا القول، إلا أنّ إيقاف هذا البحث سيُوقِف أيضاً العمل على الأمراض التي ستُبرِز نفسها اليوم. كيف يمكن لهذا أن يحدث؟ لقد قُدِّر أنّ 22 طفرة جديدة على مستوى الخلايا الجنسية ستنشأ ضمن كلّ شخص[88]. وفي حين أنّ الطفرات ليست كلّها سيئة، كما ذكرنا سابقاً، إلا أنّ الباحثين يعتقدون أنّ بعضاً من هذه الطفرات ستقود حتماً إلى أمراض أخرى غير قابلة للعلاج سنبحث لها للأبد عن علاجات سريعة ومضمونة. ونحن نكتشف أيضاً أنّ الخطوة من الفئران المهندَسة وراثياً والحيوانات المستنسخة أو المعدّلة وراثياً مثل دوللي إلى الهندسة الوراثية على مستوى الخلايا الجنسية في البشر ليست خطوة صغيرة[89]. إنّ 95 إلى 99 بالمائة من كلّ الأجنّة المهندسة وراثياً، على سبيل المثال، تتضرّر بنحوٍ مُهلِك. لا بدّ حتماً من إيجاد عملية تكون مأمونة وموثوقة أكثر. يمكن ربما لمقاربة أكثر منهجية أن تسمح بمزيد من الوقت لاستيعاب هذا المشهد المتغيّر أبداً.

إنّ إبطاء العملية أو متابعتها بمزيد من الحذر والاهتمام قد يسمح بحلّ أفضل للقضايا الأدبية والأخلاقية المستعصية. ومع ذلك، فإنّ تجاهل تلك القضايا أو الاستخفاف بها سيقود إلى كارثة معيّنة. من الواضح أنّ هذه أسئلة صعبة. فمن جهة، قد تقود إلى علاجات شافية عظيمة أو، على الأقلّ، إلى إطالة حياة المريض. ومن جهة أخرى، قد تقود إلى مآسٍ رهيبة على طول الطريق. هل هذا ثمن نحن مستعدّون لدفعه؟ إنه سؤال لا يمكننا أن نأخذه بشكلٍ غير جدّي.

المعالجات التحسينية

ربما نحن مستعدّون لتقديم الحجج والبراهين على أننا نستطيع أن نُشفي بعض الناس على حساب البعض الآخر. وسيجادل البعض أنّ تمكين الأزواج الذين لا يستطيعون إنجاب الأطفال من فِعل ذلك في يومٍ من الأيام هو بالتأكيد خيرٌ مُطلَق. ولكن ماذا عن العلاجات التحسينية المزعومة التي قادت إلى ما يُسمّى بالأطفال المصمَّمين؟ الأطفال المصمَّمون هم أولئك غير المولودين بعد الذين تمّ التلاعب بالحمض النووي خاصتهم لتحسين القوة، والوزن، والطول، والسرعة. بتعبير آخر، يتمّ اختيار الأطفال المصمَّمين بعين تنظر إلى أطفال أفضل. هل نحن مستعدّون لهذا الأمر أدبياً وأخلاقياً؟

من الأفضل لنا أن نكون كذلك. تُمكِّن المعالجات الجينية وزرع الجينات

من اختيار العديد من هذه السمات مسبقاً. وعلاوة على ذلك، وبالنظر إلى خبرتنا التكنولوجية وانفتاحنا في ما يتعلق بالحقوق التناسلية، فإنّ الأزواج لن يختاروا فحسب، بل سيكونون قادرين أيضاً على إلقاء نظرة مسبقاً، وإذا لم يكونوا راضين، فبوسعهم أن يلغوا الاختيار ويبدأوا من جديد. إنه عالمٌ جديد شجاع برغم كلّ شيء!

البعض ليس مستعداً لإمكانات النجاح هذه، ولكنهم يعرفون أيضاً أنّ إحباطها لن يكون سهلاً. يكتب أحد الباحثين: "إنّ التحدّي السياسي لأولئك المعارضين للأطفال المصمَّمين مرهِبٌ بالفعل. سيتطلّب النجاح تمييزاً واسع النطاق بأنّ هندسة تحسين النسل لن تدوس حقوق الإنسان ولن تُضعِف الالتزامات المنيعة الخاصة بالمساواة الاجتماعية والاقتصادية. في النهاية، سيكون من الضروري إصدار حظر عالمي دائم على المنابلة البشرية على مستوى الخلايا الجنسية والاستنساخ التناسلي"[90]. لاحِظ أنّ "البعبع" القديم من الفصل 2، هندسة تحسين النسل، يظهر مرة أخرى في هذا الحديث. هل من الممكن للبشر أن يبدأوا مقاربة تحسين نسل جديدة ستُنتِج الجيد فقط؟ الاحتمال ضئيل جداً، حتى في هذه المراحل المبكرة. يكتب باحث آخر: "سيتوقّف الناس عن إيلاء خصائصهم "الطبيعية" أهميةً أكبر من تلك التي اكتُسِبت اصطناعياً"[91]. يعبّر ليون كاس، رجُل الرئيس بوش المعيَّن للهندسة الوراثية، عن ذلك بشكلٍ أكثر وضوحاً:

> الإنسان هو الخطّ الفاصل الذي يقسم عالم المألوف إلى تلك الأشياء التي تنتمي إلى الطبيعة وتلك الأشياء المصنوعة من قِبَل الإنسان. **أن يضع المرء يده على الجيل البشري يعني القيام بخطوة كبرى نحو جعل الإنسان نفسه مجرّد شيء آخر من الأشياء الصنعية.** وهكذا تصبح الطبيعة البشرية ببساطة الجزء الأخير من الطبيعة الذي سيخضع للمشروع التكنولوجي الحديث، وهو مشروع قد حوّل بالفعل بقية الطبيعة إلى مادة خامّ تحت تصرّف الإنسان[92].

يخشى البعض على ما يبدو من أنّ المستقبل الآتي سيكون برنامجاً تلفزيونياً واقعياً طويلاً "للتغيير المتطرّف". للأسف، إنّ الأبحاث المبكرة والمنتجات التجارية تشير إلى أنّ هذا الخوف ليس في غير محلّه ولا هو مُصوَّر دراميّاً بإفراط. هل دخلنا في عالم التحكّم بنوعية الذين لم يولَدوا بعد؟

وفـي الوقـت نفسـه، فـإنّ الكثيـر مـن هـذا البحث قد قـاد إلى اكتشـافات تُمكِّن الأزواج الذيـن لديهـم واسـمات لأمـراض خطيرة، مثل اللياف الكيسـي، من إجهاض الأجنّة الحاملة للواسمات نفسها والمحاولة مرة أخرى[93]. وفي حين أنّ هناك بالتأكيد مـن سيحتدم غضباً لفكـرة الإجهـاض، ولكن، كم مـن الآباء والأمهـات، وقد عرفوا أنّ مولودهـم القـادم يحمـل الواسـم المسـؤول عن 70 بالمائة مـن كلّ حالات اللياف الكيسـي، سيتجاهلون تلـك المعلومـة؟ هل إجهاض الجنين هـو أمرٌ أكثر أخلاقية من تركـه ليعيـش؟[94] بتعبيـر آخر، إذا كانت أبحاث التحسـين المزعومة ستتيح فرصاً لمنع حياة مأساوية مُثقَلة بالمرض، فهل سيكون من الأخلاقي أكثر أن نمنعها؟ أو هل منع أبحاث كتلك هو أكثر أخلاقية؟ بتعبير آخر، الحليب المراق هو بالفعل فوضى فظيعة لجهـة التنظيـف، ولا أحـد سـيختلف معنـا في هذا الشـأن. ولكن هـل الفوضى فظيعة جـداً حيـث نفكّـر فـي حظـر الحليب؟ في حين أنّ هذا التشـبيه، مثل كلّ التشـبيهات، ليس منصفاً (الحليب مادة أساسـية للحياة، والهندسـة الوراثية ليسـت كذلك)، إلا أنه يخفّف جداً من طبيعة التفاصيل الشـيطانية لهذه الأسـئلة. كما رأينا في كلّ فصل في هذا الكتاب، فإنّ الحلول لهذه الأسئلة ليست سهلة ولا سريعة.

الأطفـال المصمَّمـون هـم فقط جزءٌ من المعركة. يبدو أنّ حلم الأبوّة لأفلاطون فـي كتابـه **الجمهوريـة** قـد أصبح في المتنـاول. في كتابه **الجمهورية**، تسـاءل أفلاطون مـا إذا كان الوالـدان همـا بالفعـل أفضل الأفراد لتربيـة أطفالهما. برأيه، حالت الروابط العاطفية غالباً دون تنشئة معقولة (أيّ، استنتاجية أو استدلالية). ولكن من أيام أفلاطون إلـى اليـوم، لـم يفكّـر أحدٌ كثيراً بهذا الأمـر لأنّ الآباء والأطفال متّصلون على نحوٍ لا ينفصم منذ لحظة الحمل إلى ذهاب الابن أو الابنة إلى الجامعة.

فـي هـذا السـياق، ومنـذ العام 1995، تصوّر جان روسـتاند، عالِـم الأحياء الفائز بجائزة نوبل، إنشـاء رحم اصطناعي[95]. يعتقد العلماء الآن أنهم يسـتطيعون إنشـاء رحمٍ كهـذا وسـيتمكّنون قريبـاً مـن تطوير طفل خارج رحم أمـه كلياً، منذ لحظة الحمل إلى الولادة. إذا تحقّق هذا الأمر فعلاً، فسنكون على مسافة بضع خطوات فقط من تصنيع المزيد من قِطَع الغيار البشرية في تلك الحاضنات الاصطناعية. لقد ادّعى العلم دوماً أنّ بإمكانه تحسين الطبيعة. والسؤال الآن هو، هل يُعتبَر هذا تحسيناً؟ سيجادل البعض عكس ذلك.

حتى مع اتّخاذ ترتيبات مضمونة، يمكن للأمور أن تخفق. تأمّل القضية الشهيرة

للأم البديلة ماري بث وايتهيد وقضية Baby M في العام 1987. كانت السيدة وايتهيد قد وقّعت عقداً يشير إلى أنها ستمتنع عن السجائر والكحول، وستخضع لبزل السَّلى (سحب عيّنة من سائل السَّلى للفحص) amniocentesis، وفي حال وُجِد عيبٌ وراثي، ستخضع لعملية إجهاض إذا طلب الوالد البيولوجي ذلك. حاولت وايتهيد أن تكسب حقوقاً والدية وفشلت، وتبنّت زوجة الوالد البيولوجي الطفلة. ألغت المحكمة هذا القرار وأعطت الحقوق الوالدية للوالد البيولوجي، لتبرهن بذلك على قول مأثور معروف: إذا انتهى الأمر إلى المحكمة، فأنت تجلب على نفسك المتاعب[96].

وتأمّل قضية أخرى أكثر تعقيداً، هي معركة الوصاية على الأجنّة في تينيسي[97]. تمّ تجميد سبعة أجنّة للاستعمال المستقبلي حين تقدّم الزوجان اللذان نحن بصددهما بدعوى قضائية للطلاق. أصبحت الأجنّة المجمّدة ساحةَ القتال لواحدة من أكثر قضايا المحاكم غرابةً حتى اليوم[98]. إذا لم يوضّح عقدٌ قانوني وملزِم هذه القضايا، بينما نجعلها نحن أكثر تعقيداً بالتكنولوجيا الوراثية، فأيّ أملٍ لدينا لجعلها أكثر سهولةً للفهم؟ قد تبدو هذه القضايا بعيدة عن موضوع الهندسة الوراثية ولكنها كانت بعيدة أيضاً عن أفق الواقع، قبل أن تظهر. والواقع أنها قد تزوّدنا بفكرة عن السيناريوهات المعقّدة التي يمكن أن تنتج عندما نفترض هندسة وراثية غير مقيَّدة.

استنتاجات

ما الذي سيفهمه الشخص العادي من كلّ هذا؟ من جهة، لدينا الإمكانية لكشف النقاب عن علاجات شافية عظيمة. ومن جهة أخرى، لدينا الإمكانية لاختيار ما إذا كان أطفالنا سيولدون بعيون زرقاء، أو بموهبة موسيقية مثل موزار، أو بموهبة رياضية مثل شاكيل أونيل. إذا نجحت المعالجات الجينية أخيراً، فهل سيحدّد الكونغرس سنّ التقاعد الجديد بـ 95 سنة للجيل القادم؟[99] ليست هذه أسئلة تافهة. هل يمكننا أن نصل إلى اتفاق ما بشأنها قبل أن تجتاحنا؟ على سبيل المثال، هل من المنصف أن نقول إنّ اللقاحات أو المعالجات التي تشفي الناس يجب أن تكون لها الأولوية على تلك التي تحسِّن القدرات الطبيعية أو تزوّد الشخص العادي بقدرات ممتازة، خصوصاً إذا كان الطلب على المعالجات التحسينية مُرجَّحاً لأن يتجاوز بكثير الطلب على العلاجات الشافية؟

من المؤكّد أنّ الأسئلة بشأن العملية ستزعجنا لبعض الوقت مستقبلاً، وسيكون من المفيد الاتفاق بشأنها. لقد رأينا كم يمكن لتقنيات الهندسة الوراثية أن تكون غير

موثوقة وغير مأمونة. هل يمكننا أن نتّفق على إبطاء العملية إلى أن نتمكّن من التوصّل إلى عملية تكون أكثر إنسانيةً وأقلّ إتلافاً؟ هل من الصواب أن ننشئ مئات الآلاف من الأجنّة عبر عمليات الإخصاب في الزجاج ثمّ لا نستعملها أبداً؛ نرميها أو نرسلها إلى مختبرات الأبحاث؟[100] ولعلّ السؤال الأكثر أهميةً هو ما إذا كان من الصواب إنشاء كلّ هذه الأجنّة أساساً.

تلتقي كلّ هذه الأسئلة في فكرة رئيسية واحدة لهذا الفصل: في حين أنّ تكنولوجيتنا قد تقدّمت بسرعة، إلا أنّ تفكيرنا الأخلاقي والأدبي بشأن هذه الأسئلة لم يجارِها في السرعة. لم يستطع ذلك من نواحٍ عديدة. إنّ القفزة من مساعدة رجل مُبتلىً بالمرض يموت من اعتلال في القلب يمكن معالجته إلى مُستنسَخ مُبتلىً بالمرض يموت من شيء لسنا واثقين من ماهيّته هي قفزة عملاقية.

يزوّد اعتلال القلب بمثالٍ جيّد. في العام 2001، أعلن العلماء بتبويق كبير أنّ الخلايا الجذعية المستخرَجة من نخاع العظم والمحقونة في القلوب المُتلَفة لفئران، قد تدبّرت أن تصبح نسيجاً عضلياً قلبياً خاصاً لا يستطيع الجسم استبداله بعد نوبة قلبية. كان كلّ اختصاصيي الوراثة متشوّقين بشأن ما فهموا أنه بيولوجيا أوّلية عندما يتعلق الأمر بالخلايا الجذعية: ضعها في المكان المناسب وسيقوم الجسم بالبقية. والآن، بعد أربع سنوات من ذلك، ليس هناك دليل على أنّ هذا ممكنٌ لدى البشر، وهكذا تنشب مناظرة (بديهياً) حول ما إذا كان يجدر بنا أساساً تجربة هذا الأمر على البشر[101]، في حين أنّ إخفاقات كتلك لا تحطّم آمال الجميع بأنّ فائدة ما ستظهر في النهاية، إلا أنها تشير بالفعل إلى أنّ أية وعود لن تكون سابقة لأوانها فحسب، بل أيضاً متهوّرة.

يجب أن يكون واضحاً الآن وجود أسئلة لا تزال بحاجة إلى أجوبة، إن لم يكن بواسطة هذا الجيل، فبواسطة الجيل الذي يليه حتماً. كلّما طالت فترة إرجائنا لها، كلّما أصبحت أكثر استعصاءً على الحلّ. نحن منذهلون بحقّ لإمكانية علاج الأمراض، أو تخفيف أو إزالة الألم، أو إطالة الحياة. بالنظر إليها بصورة مستقلة أو بأشكالها النقيّة، لا شيء يمكن أن يكون باعثاً أكثر على الرهبة. ولكنّ قصتنا لا تنتهي هنا. بدلاً من ذلك، الأمر أشبه بذاك الرجل حسن النيّة الذي ينقذ ماشياً من موت محقّق فقط ليعلم لاحقاً أنّ الماشي نفسه يقتل شخصاً بريئاً في موقف السيارات من أجل محفظة نقوده. لا يمكن أن نكون في مأزق أكثر تحييراً. وهو سبب إضافي يستوجب منا السرعة في التوصّل إلى حلّ.

8

الحقائق فقط يا سيدتي: الهندسة الوراثية، ودليل الحمض النووي، والمحاكم

شغِّل جهاز التلفزيون في أية ليلة من الأسبوع ومن المؤكّد أنك سترى نسخةً ما من سلسلة مُحقِّق مشهد الجريمة *CSI*، مُبرِزةً نجمنا الوراثي الخارق. سواء في ميامي، أو نيويورك، أو البرنامج الأصلي في لاس فيغاس، فإنّ عملاء الـ *CSI*، البادين تماماً كما لو أنهم هبطوا لتوّهم من مدارج باريس، يتتبّعون أثر المجرمين بمثقال ذرة من حاجب أو بضعة جزيئات من بشرة، وببطلنا الرئيسي بالطبع. ولكن ليس على المرء أن يشاهد هذه السلسلة من الحلقات، بالرغم من صعوبة إغفاله لأنه يُعرَض ثلاثة إلى أربعة أيام في الأسبوع. جرِّب مسلسل **القانون والنظام** *Law & Order*، أو **مفقود** *Missing*، أو **قضية باردة** *Cold case*، أو أي من المسلسلات الجديدة المتفرّعة عن مسلسل **القانون والنظام** (ونحن نتكلّم هنا عن نحو 50 بالمائة من البرامج على التلفزيون، أو نحو ذلك) ولن تستطيع أن تُغفِل الشخصية الرئيسية، وبطلنا الرئيس، وانعطافنا الرئيسي عن الشخصيات الرئيسية، ألا وهو الحمض النووي.

حتى الآن في هذا الكتاب، رأينا الحمض النووي يدخل في علاج أو شفاء الأمراض، أو الشخصيةَ البارزة الأساسية في التحسين، أو المكوِّنَ الأساسي في الأطفال المصمَّمين. والآن نحن نرى شخصيتنا الرئيسية في قاعات المحاكم حول العالم تحت تنوُّع من الأسماء المستعارة: صيغة الحمض النووي DNA profiling،

وبصمة الحمض النووي DNA fingerprinting، واختبار الحمض النووي[1]. الأمر تقريباً كما لو كنا نرى اللولب المزدوج المألوف لواطسون وكريك يجلس في موقف الشاهد، مُسهِباً بحرّية ليس فقط بشأن الكيفية التي تمّت بها الجريمة، بل أيضاً بشأن مكان الجريمة، وزمانها، والأداة التي ارتُكِبت بها، وفاعلها ("الآنسة سكارلت، في غرفة الاستقبال، بمفتاح ربط"). وفي حين أنّ معظمنا يئن عندما يرى الرسالة من حاكم الصلح المحلّي أو موظّف المحكمة تطلب حضوره ليكون محلَّفاً في هيئة المحلَّفين، فإنّ الحمض النووي، وهو قادم جديد نسبياً، أصبح كلّي الوجود وسعيداً جداً بوجوده هناك.

ومع ذلك، فإنّ الأمر لم يكن دوماً على هذا المنوال. إذن، كيف انتقل الحمض النووي من لعب أدوار ثانوية في أنابيب الاختبار إلى لعب الدور الرئيسي على التلفزيون أو الشاشة الفضية؟ في العام 1983، أي قبل أكثر من 20 سنة، تمدّد جسد ليندا مان ذات الخمسة عشر ربيعاً ميّتاً على طريق في مقاطعة ليكستر في إنكلترا. كان قد تمّ اغتصابها بوحشية[2]. لم يأتِ الدليل الجنائي القياسي بشيء. وعندما وجِدت داون أشورت ذات الخمسة عشر ربيعاً مُغتصَبة ومقتولة بعد ذلك بثلاث سنوات في بلدة مجاورة، استدعت الشرطة المحلية شخصيات نافذة. اشترك في التحقيق أليك جيفريز من جامعة ليستر، وهو باحث معروف في حقل الواسمات الوراثية البشرية. اتّهمت الشرطة رجلاً في النهاية، ولكنّ جيفريز، مُستخدِماً الحمض النووي من قطيلات مهبلية (القطيلة هي عبارة عن كتلة من مادة ماصة حول طرف عود تستخدم لمسح موضع من الجسم بدواء ما swab)، استنتج أنه في حين أنّ الفتاتَين قد اغتُصِبتا من قِبَل رجل واحد، إلا أنه ليس الرجل المحتجَز قضائياً، ريتشارد باكلاند. كان باكلاند قد اعترف، ولكنّ عمل جيفريز أثبت أنه محوري وأصبح باكلاند أوّل شخص تتمّ تبرئته بصيغة الحمض النووي.

كان للقصة المأساوية نهاية أسعد نوعاً ما. أخذت الشرطة عيّنات حمض نووي من نحو 3,600 ذكر، ولكن دون توافق. وأخيراً، اعترف زميلٌ في العمل بأنه زوّد بعيّنات حمض نووي لكولين بيتشفورك. قبضت الشرطة على بيتشفورك، واعترف، وأدانته هيئة المحلَّفين في ما بعد. استُعمِل الحمض النووي قبل ذلك بالطبع، خصوصاً في قضايا الأبوّة، ولكنه لم يُستخدَم أبداً في قضية كهذه. وبحلول العام 1989، كان هذا النوع من اختبار الحمض النووي قد استُخدِم في 85 دعوى في

الولايات المتحدة، وفي العام 1991، كانت جميع الولايات تستخدم اختبار الحمض النووي الجنائي[3].

بقدر ما هو دليل الحمض النووي شائع اليوم، إلا أنّ موثوقيته تضعضعت بعد فترة وجيزة من بداية استخدامه. دون أن يدركوا ذلك، فإنّ معظم قرّاء رواية **مشعلة الغرور** *Bonfire of the Vanities* لتوم وولف الصادرة في العام 1990 مُلمّون بالقضية الفاصلة **نيويورك ضدّ كاسترو**، التي ألقت ظلالاً من الشكّ على إجراءات الحمض النووي، أو بالأحرى تفسير الحمض النووي[4]. كانت شركة لايفكودز Lifecodes Corp، وهي واحدة من شركتَين في ثمانينيات القرن الماضي قامتا باختبار الحمض النووي للمحاكم، قد أجرت اختبار الحمض النووي في هذه القضية ولكن تبيّن أنّ التفسير كان غير دقيق إلى حدّ ما. وفي حين أنّ هذه القضية قد زرعت بعض الشكّ غير المستحَقّ في أذهان العديدين بشأن اختبار الحمض النووي، إلا أنّ ما فعلته حقاً كان ترسيخ اختبار الحمض النووي كوسيلة لإثبات جرم أحدهم أو براءته، ولكن فقط عندما يُنجَز بشكلٍ صحيح. أدّت إجراءات شركة لايفكودز غير الدقيقة إلى توسيع المناظرة بشأن المقاييس لتفسير النتائج، والممارسات المخبرية، وتوافق الطبقات (العصائب) band-matching[5]. كما أنّ قضيتَي **ماساتشوستس ضدّ لانيغان وماساتشوستس ضدّ بريدمور** (1992) قد تحدّتا أيضاً التفسيرات العملية. ففي حين أنّ المحكمة وافقت على أنّ اختبار الحمض النووي كان نظرية مُرسَّخة ومقبولة بشكلٍ جيد، إلا أنّ الطريقة التي استخدمها المختبر المعيّن في هاتين القضيّتين لترسيخ نتائج الاختبار أثبتت أنها إجراء غير مقبول بشكلٍ عام[6].

إذا كان كلّ هذا ليس كافياً لإحداث شكّ معقول، فإنّ جويس غيلكريست، وهي عالمة جنائية في أوكلاهوما ساعدت في إرسال عشرات المُدانين إلى سجن انتظار تنفيذ حكم الإعدام، قد أُشير إليها بأصابع الاتّهام بعد ذلك ببضع سنوات فقط لممارستها دون القياسية[7]. كانت غيلكريست قد عملت مع وكالة فرض القانون لواحد وعشرين عاماً وفازت بجائزة السنة لموظّف الشرطة المدنية في العام 1985. وقد أكسبتها معدّلاتها التجريمية لقب "السحر الأسود". يتّضح الآن أنّ نتائجها كانت متأثّرة بانحيازاتها الخاصة في كلّ قضية. على نحوٍ غريب، بالرغم من أنّ العديد من المُدانين قد وضعوا خلف القضبان بمساعدة غيلكريست ونتائجها الخاصة بالحمض النووي، إلا أنّ إعادة اختبار الحمض النووي في قضاياها يحرّر الآن سجناء بنفس القدر.

كان لنتائج الحمض النووي أيضاً تأثيرات بعيدة المدى خارج قاعة المحكمة، بالرغم من استمرار كون ذلك ضمن سيناريو تمييز الضحية. تنقل الشائعات أنّ قيصر روسيا نيكولاس الثاني لم يُعدَم فعلياً خلال الثورة البلشفية في العام 1918، بل هرب ووُضِعت عظامٌ بديلة في قبره. ومع ذلك، فإنّ اختبار الحمض النووي لتلك العظام المستخرَجة من القبر لم تترك مجالاً للشكّ في هويّة الشخص المدفون في قبر القيصر[8]. اذهب إلى المجمّع التجاري المحلّي، أو أيّ مجمّع تجاري، أو أيّ من عشرات متاجر البقالة ومن المرجّح أنك سترى أنّ اختبار الحمض النووي يُقدَّم مجاناً للأطفال. يُجرَى اختبار الحمض النووي هذا للمساعدة في إيجاد الأطفال في حال فقدهم. ولكنّ هذا النوع من الاختبارات لا يؤدّي إلى نتائج سعيدة دوماً.

في أواخر سبعينيات القرن الماضي، قمع الجيش الأرجنتيني المنشقّين على النظام واختفى أكثر من 9,000 شخص[9]. وجد العديد من الأطفال الذين يُتِّموا بهذه الأحداث بيوتاً لهم لاحقاً مع عائلات من الجيش كانت بدون أطفال. وفي النهاية، بدأت الجدّات البحثَ عن هؤلاء الأطفال الذين وُجِد العديد منهم بعد ذلك بخمس عشرة سنة بفضل اختبار الحمض النووي. في ذلك الوقت كان هؤلاء الأطفال قد أصبحوا مراهقين وصُدِم العديد منهم عندما اكتشفوا أنّ آباءهم بالتبنّي هم من قتل آباءهم البيولوجيين.

يُستخدَم الحمض النووي أيضاً خارج قاعة المحكمة لحفظ الحيوانات المهدّدة بالانقراض[10]. تبدأ حدائق الحيوانات في جميع أنحاء البلد بعملية حفظ لموادّ هلامية (جلّ) شبيهة بتلك في فيلم الحديقة الجوراسية، ولكن ليس لتيرانوصور (ديناصور ضخم من آكلات اللحوم) محفوظ في كهرمان، بل لأنواع منقرضة تقريباً مثل الوُمبَت (حيوان استرالي من ذوات الجراب شبيه بدبّ صغير) والظبي الأزرق في جنوب أفريقيا. هدف الفكرة هو التزويد بشيفرة أو صيغة وراثية كافية لإعادة بناء الحيوانات المهدّدة بالانقراض في وقتٍ لاحق، إذا لزم الأمر. يرتاب البعض في هذه العملية، واصفاً إياها بالمتاجرة التامة لأنّ الحيوانات ستُستخدَم على الأرجح لأهداف ترفيهية (في حدائق الحيوانات) أو للإثارية العلمية، لأننا لا نستطيع القول على وجه التأكيد ما إذا كانت الحيوانات ستكون معافاة أو طبيعية. ومع ذلك، يعتقد آخرون أنّ حفظ أيّ نوع يرجح إلى حدّ بعيد أيّ شكاوى مضادّة.

هل بصمة الحمض النووي موثوقة؟

هـل يمكننـا أن نتأكّـد مـن دقّة بصمة أو اختبـار الحمض النووي؟ هل يمكننا أن نتأكّد من أنّ مجرماً معيّناً هو المجرم الفعلي عندما تظهر نتيجة اختبار الحمض النووي خاصّته؟ كيف ذلك؟ هناك 13 موقعاً في شريطٍ للحمض النووي طوله نحو 1.5 متر تُعيِّن "الهويّة البيولوجية" لكلّ واحد منا. إليك طريقة العمل:[11]

- تُجمَع عيّنات من سائل (دم، مني) أو أنسجة جلدية، أو رموش، أو حواجب.
- يحتاج الاختبار إلى 100 خلية. تُوضَع الخلايا في مادة كيميائية وتُسخَّن لإطلاق الحمض النووي.
- يُستحَثّ تفاعل البوليميراز المتسلسل (بادئة اصطناعية تُضاعِف مناطق المقارنة الثلاث عشرة ملايين المرات).
- يُخضَع الحمض النووي لفولطية (قوة محرّكة كهربائية) عالية، تفصل مواقع الحمض النووي الثلاثة عشر وتجعلها تتوهّج.
- يقرأ جهاز كمبيوتر الحمض النووي المتوهّج ويطبع القمم والقيعان بالإضافة إلى الواسمات لكلّ المواقع الثلاثة عشر. حدَّد مكتب التحقيقات الفدرالية FBI أرقاماً لكلّ ترتيبٍ ممكن، حيث يكون كلٌّ منها فريداً.
- تُعاد العملية للتأكّد من صحتها. والنتائج موثوقة بقدر ما يمكن لأيّ شيء أن يكون. واحتمال الغلط هو 1 إلى 100 مليون وعليه في الحمض النووي يخصّ شخصاً واحداً فقط في العالم.

هـذه العمليـة، كمـا هي موصوفة أعلاه ومُنجزَة بواسـطة جيفريز، تسـمح بطريقة سـريعة وسـهلة التحقّق لتعييـن هويّـة الأفـراد. فبالرغـم من أنّ طول شـريط الحمض النـووي هـو 1.5 متـر تقريباً، وبالرغم من أنّ الجسـم البشـري يحـوي 3 تريليون خلية (تحتوي جميعها على الحمض النووي باسـتثناء خلايا الدم الحمراء)، إلا أنّ العملية تعزل المواقع الثلاثة عشـر المطلوبة لتمييز شـخص عن آخر ولتمييز كلا الشـخصين عن كلّ شخص، أو نبات، أو حيوان على كوكب الأرض. تُنتِج تقنيةٌ تُعرَف باللطخة الجنوبيـة Southern blotting مـا يبـدو تحـت المجهر أنه رموز شـريطية أو شـيفرات خيطية bar codes لا تختلف عن تلك المُشـاهَدة في منتجات مخازن البقالة[12]. تشـبه بصمة الحمض النووي البصمة التقليدية. فكما لا يمكن لأيّ شخصين أن تكون لهما

بصمات الأصابع نفسها، لا يمكن أيضاً لأيّ شخصين أن تكون لهما بصمة الحمض النووي نفسها (باستثناء التوائم المتطابقة احتمالاً)[13]. تُستخدَم صيغة الحمض النووي بشكلٍ عام في الجرائم الخطيرة مثل الاغتصاب أو القتل، وهو السبب وراء ارتباطها بأشهر برامج الجرائم التلفزيونية[14]. لم تكن الأخطاء المناقشة أعلاه أخطاءً في العملية بقدر ما كانت أخطاءً في التفسير، مشيرةً مرة أخرى إلى أنه في حين أنّ العلم يمكن أن يدّعي أنّ استنتاجاته شبه يقينية، إلا أنّ البشر المشتركين في العملية يمكن أن يُنقِصوا ذلك اليقين إلى شكٍّ معقول[15].

تعمل معظم صِيَغ الأدلّة الجنائية على أساس واحدة من عمليات ثلاث: التكرار الترادفي متغيّر العدد Variable Number Tandem Repeat (VNTR)، والتكرار الترادفي القصير Short Tandem Repeat (STR)، وتغيُّر المتتالية للعيّنة Sample Sequence Variation (SSV)[16]. التكرارات الترادفية متغيّرة العدد هي أطوال من الحمض النووي مؤلَّفة من 15 إلى 35 زوجاً قاعدياً في تكرار متغيّر، مُنتِجةً 500 إلى 10,000 زوج قاعدي تقع عند موقع محدّد على كروموسوم معيّن. ينتقل العدد والحجم وراثياً بطريقة مندلية. يمكن أن يكون مصدر العيّنة دماً (بخلايا دم بيضاء)، أو نسيجاً، أو لعاباً، أو سائلاً منوياً. يُهضَم الحمض النووي بإنزيم محدِّد نووي داخلي يقطع الحمض النووي إلى متتاليات قاعدية يتراوح عددها بين أربع وستّ.

توضَع هذه المتتاليات في جلّ وتُشحَن بشحنة سالبة. والنتائج هي الطبقات (العصائب) الشبيهة بالرموز الشريطية المذكورة أعلاه. تنتقل هذه وراثياً كواسمات لذلك الفرد بعينه. نظراً إلى أنّ التكرارات الترادفية متغيّرة العدد تتطلّب مقادير كبيرة من الحمض النووي غير المنحلّ، فإنّ تفاعل البوليميراز المتسلسل يُستخدَم لمقادير منحلّة أصغر من الحمض النووي. يُعتبَر تفاعل البوليميراز المتسلسل مفيداً للتكرارات الترادفية القصيرة. تُستخدَم العملية الأخيرة بشكلٍ عام لتعيين الهويّة بناءً على اختلافات البروتين. استُخدِمت التكرارات الترادفية متغيّرة العدد لتمييز ضحايا حرب الخليج وضحايا انفجار طائرة بوينغ 747 التابعة لخطوط TWA فوق لونغ آيلاند في العام 1996[17].

وفي قضية أخرى مبكرة (لا تشتمل على قتل)، مُنِع صبي غانيّ من دخول بريطانيا العظمى في العام 1984 لأنّ موظّفي الهجرة شكّوا في أنّ المرأة المرافقة له لم تكن أمه. لم يكن الوالد حاضراً، ولم تستطع الأم أن تُسمّي الوالد بثقة. كشفت

الاختبارات أنّ احتمال امتلاك إمّا الأم أو الأب صدفةً لكلّ واسمات التشابه الـ 61 للحمض النووي هو 7×10^{-22}. ضمن واسمات التشابه الـ 61 للحمض النووي كان هناك 25 جزءاً أمومي المصدر وكان الاحتمال 2×10^{-5}. إذا كانت الأم المفترضة هي في الحقيقة خالة الصبي، فإنّ الاحتمال بأنها ستشترك بتشابهات أمومية المصدر مع شقيقتها هو 6×10^{-6}. وبالتالي سُمِح للصبي أن يقيم في بريطانيا العظمى مع أمه[18].

ربما ليس هناك شاهدٌ أكثر دلالة يمكن ذكره هنا على فشل التفسير الدليلي (بالرغم من أنه ليس تفسير حمض نووي) من قضية و. ج. سمبسون المألوفة. حدّد اختبار الحمض النووي في تلك القضية الاحتمال بأنّ شخصاً آخر غير لاعب كرة القدم الشهير قد ارتكب الجريمة بـ 1 في 170 مليون شخص[19]. وفي حين أنّ العلم أثبت تيقّنه، إلا أنّ محاميّ الادّعاء في القضية ارتكبوا خطأً فاحشاً بالسماح للمدَّعى عليه أن يرتدي قفازاً جلدياً مبلّلاً فوق آخر جافّ. هذا، بالإضافة إلى الشكّ بشأن الطريقة التي جُمِعت بها عيّنات الدم وعولِجت في المختبر، زوّد بشكّ معقول بما يكفي لإطلاق سراح المدَّعى عليه. بالنظر إلى أنّ اختبار الحمض النووي قد حدّد الاحتمال عالياً بشكلٍ لافت، فقد أثبت الحُكم أنه جدليّ للغاية. على سبيل المثال، إذا كان الدم قد اختُبِر عند خمس نقاط على الحمض النووي، وتوافق ذلك مع ما تمّ إيجاده في مسرح الجريمة، فالاحتمال بأنّ مرتكب الجريمة لم يكن و. ج سمبسون سيكون 1 في 10,000,000,000، أو أكثر من عدد الناس على كوكب الأرض[20]. وكما يعبّر أليك جيفريز عن ذلك:

> سيكون عليك أن تبحث عن جزء واحد في مليون مليون مليون مليون قبل أن تجد زوجاً واحداً بنفس البصمة الوراثية، وبتعداد سكان العالم البالغ فقط خمسة مليارات يمكن القول بشكل قطعي إنّ البصمة الوراثية محدَّدة فردياً وإنّ أيّ نمط، باستثناء التوائم المتطابقة، لا يخصّ أيّ أحد على سطح هذا الكوكب كان أو سيكون أبداً[21].

هل يمكن لصيغة الحمض النووي أن تكشف الطفرات التي تتوقّع الإجرام العنيف؟ في العام 1965، نشرت باتريشيا جاكوبز، وهي اختصاصية في الوراثة الخلوية، دراسات عن الكروموسومات لـ 197 رجلاً تمّ إيداعهم في مستشفى كارستيرز للمجانين المجرمين في سكوتلندا[22]. أظهرت الدراسة ميلاً قوياً للنشاط الإجرامي بين الرجال المصابين بالفُصام، وهو مرض عقلي يبدأ في سنّ المراهقة ويزداد سوءاً مع العمر.

عندما وصلت الأخبار إلى الولايات المتحدة، أحدثت ضجة واهتماماً كبيرَين. اعتبر البعض أنّ إجهاض ذرّية الرجال ذوي الكروموسوم XYY هو تحسين نسل قويم. الـ XYY هو اضطراب كروموسومي نادر في الذكور يؤدّي عادةً إلى سلوك عنيف وغير اجتماعي. يُشار إليه في بعض الأحيان بالـ 47XYY. واعتقد آخرون أنّ سلوك المجرمين الفُصاميين لا يمكن التحكُّم به، وأنه لا محيد عنه. ومع ذلك فقد رأى آخرون أنه إذا كان هناك أيّ احتمال بأنّ الأطفال قد يرثون هذا الجين، فإنّ آباءهم المفترَضين يجب أن يخضعوا لعملية إعقام. كان لمعظم هذه الهستيريا علاقة أكيدة بتوقيت الدراسة؛ ستينيات القرن الماضي. ففي ذلك الوقت لم تكن هناك صناعة جينية، ولا أدوية، ولا علاجات، ولا شيء باستثناء الأجبُن المتغضِّنة للأطباء وهم يخبرون الآباء والأمهات المهتاجين بأن يكونوا يقظين[23]. ولكن في أواسط سبعينيات القرن الماضي أجرى جوناثان بيكويذ من جامعة هارفارد وجوناثان كينغ من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا دراسة أخرى أظهرت بوضوح الأخطاء في دراسات الـ XYY حتى ذلك الوقت. ركّز بيكويذ وكينغ على أخلاقيات إخبار الوالدَين بأنّ لديهما طفلاً لديه الكروموسوم XYY وكيف يمكن لهذا الأمر أن يَسِم صبياً صغيراً منذ لحظة ولادته وخلال كامل حياته.

لا يزال الموضوع مثيراً جداً للجدل. يبدو بالفعل أنّ وجود كروموسوم Y إضافي مع اضطراب في النطق واستطالة في الوجه قد يكون مشيراً إلى مشاكل مستقبلية. وأضِف إلى هذا المزيج صعوبات التعلُّم والمشاكل السلوكية المبكرة، وسيكون من المتعذِّر اجتناب النزعات الإجرامية. قادت تلك الدراسة، جنباً إلى جنب مع الأبحاث المستمرّة، إلى قضايا أخلاقية وأدبية معقّدة. هل يجب تحذير العائلات ذات الكروموسوم Y الإضافي (المعروف بالكروموسوم X الهشّ)؟ هل يجب أن يكون الاختبار لهذه العائلات إجبارياً؟ مثل كلّ اختبارات الحمض النووي، فإنّ وجود الكروموسوم لا يعني الحتمية. لن يكون الاختبار كاملاً إلى أن يُتِمّ مشروعُ الجينوم البشري رسمَ خريطة الجينات البشرية البالغ عددها 20,000 إلى 25,000 جين. وإذا اكتشفنا أنّ طفرات معيّنة، مجتمعة مع عوامل أخرى، تجعل أفراداً ميّالين بقوة للسلوك العنيف، فماذا ستكون الاستجابة الأخلاقية الصحيحة؟ هل سنرى في النهاية قضايا تُحَلّ بالحكم ببراءة الشخص لأنّ "جيناته جعلته يفعل ذلك"؟

إنّ قواعد البيانات الوراثية مثل مشروع الجينوم البشري ستُثبِت أنها حاسمة لنجاح

بصمة الحمض النووي. ستقدّم هذه البنوك معلومات قيّمة للقبض على المجرمين أو إطلاق سراح الأبرياء. هناك عدّة دول أوروبية تقوم بتطويرها أيضاً حيث بريطانيا العظمى الأولى بين دول الاتحاد الأوروبي (1995)، ثمّ هولندا والنمسا (1997)، ثمّ ألمانيا (1998)، وفنلندا والنرويج (1999)[24]. تسيطر كلّ دولة بالفعل على استعمالات بنوك المعلومات الوراثية الخاصة بها. إنّ العملية التي تتمّ بها إضافة المعلومات، وطرحها، والبحث عنها، وما شابه تُسفِر عن قواعد بيانات مختلفة جداً. يتساءل المرء كم يمكن أن تكون قواعد البيانات هذه مفيدة في المستقبل إذا لم يتمّ التوصّل إلى معايير عالمية مُتَّفَق عليها بشأنها.

هناك جدلٌ حديث أيضاً بشأن الجريمة وعلم الوراثة. في العام 1992، اضطُرّ إلى إلغاء مؤتمر لمعاهد الصحة الوطنية حول العوامل الوراثية في الجريمة. وكانت معاهد الصحة الوطنية قد أطلقت مبادرة لاختبار أطفال أحياء المدن الفقيرة لجهة حملهم لواسمات بيولوجية مثل 5-هيدروكستريبتامين 5hydroxtryptamine الذي يُفترَض أنّ المستويات المنخفضة منه تجعل الأطفال أكثر عنفاً. بالرغم من أنّ معاهد الصحة الوطنية كانت قد خطّطت لاختبار جميع أطفال أحياء المدن الفقيرة، إلا أنه بسبب كون معظمهم في ذلك الوقت أميركيين من أصل أفريقي، فقد زعم بعض الناس أنّ المؤتمر شجّع التحيُّز العنصري[25].

هذه واحدةٌ فقط من القضايا العديدة التي تجعل موضوع صيغة الحمض النووي موضوعاً أخلاقياً شائكاً. كما أنّ قضايا السرّية هامّة أيضاً. بما أنّ مصدر الحمض النووي هو فعلياً أية دقيقة من دقائق الجسم البشري (رمش، حاجب، لعاب، دم من جرح، وعشرات الدقائق الأخرى)، فقد أكّد العديدون على أهمية الحصول على موافقة مسبقة[26]. وكما ذُكِر آنفاً، فإنّ بصمة الحمض النووي للأطفال (في حال تعرُّضهم لخطف) هي موضوع خلاف أيضاً. فبالرغم من أنّ هناك فائدة كبيرة من إدراج معلومة الحمض النووي هذه في ملفّ الفرد، إلا أنّ العديد من المراقبين يخشون أنها يمكن أن تُستخدَم لاحقاً ضدّ من أخذت منهم وذلك بالبحث عن واسمات أخرى غير تلك المُعيِّنة للهويّة (مثلاً، البحث عن واسمات لأمراض متنوّعة).

بنوك الحمض النووي والإرهاب

بالإضافة إلى بنوك المعلومات المشتملة على متتاليات الحمض النووي من جميع أنحاء البلد، خصوصاً من الأطفال الصغار، هناك أيضاً إمكانية للشركات

لإخضاع الموظّفين لاختبار تحديد هويّة الحمض النووي DNA identification في عصر الإرهاب هذا (بنوك المعلومات هذه كانت ستسرِّع بشكلٍ مذهل عملية تحديد الهويّة في بُرجَي التجارة العالميَّين). هناك أيضاً اختبار حمض نووي روتيني الآن يُجريه الجيش من أجل تحديد هويّة أسهل وأسرع للجثث[27]. ظاهرياً، يبدو هذا معقولاً، ولكن تخيّل مجنّدين (أو موظّفين) يكشفون معلومات تَسِمهم للإصابة باعتلال القلب أو السرطان. هل يمكننا أن نكون واثقين بأنّ دليلاً كهذا لن يُستخدَم أبداً ضدّهم، ولن يبرز كعامل هامّ في الترقيات (داخل أو خارج الجيش)، ولن يؤثّر أبداً في قرار خفض عدد الموظّفين أو أيّ قرار آخر مماثل؟ لا ترى الغالبية كيف يمكن ألاّ تُستخدَم معلومات كهذه للتأثير في الفرد بشكلٍ سلبي. هل هذا كاف لإيقاف عملية الهندسة الوراثية ومجموعة الفوائد البديعة من صيغة الحمض النووي؟ مرةً أخرى، تُجيب الغالبية بالنفي.

استنتاجات

ستستمرّ صيغة الحمض النووي وستوسِّع وتُكبِّر قيمتها أيضاً. سواء أزوّدت بمفتاح حلّ (مفتاح الحلّ الوحيد الموثوق عادةً) لجريمة خطيرة أو تتبّعت أثر طفل مفقود، فإنّ صيغة الحمض النووي ستستمرّ في تعزيز فائدتها لمجتمعنا وحُسن حاله. تَعِد التقنيات الجديدة بجعلها حتى أكثر موثوقية ممّا هي الآن (بالرغم من صعوبة تخيُّل هذا)، بينما تُحسِّن مجال الصيغة نفسه الذي يحتاج إلى تحسين، ألا وهو التفسير.

من غير المرجّح أن تخفض صيغة الحمض النووي معدّل الجريمة، بالرغم من أنها بوظيفتها المتمثِّلة بتقليص قائمة المشتبَهين إلى حفنة أو أقلّ، ستجعل الطبقة الأذكى من المجرمين تتردّد. إنّ قوة توقّع الحمض النووي قد أُكِّد عليه حتماً من خلال ما يُسمّى بالقضايا الباردة التي بقي العديد منها دون حلّ لسنوات ولكنها الآن تُحَلّ بشكلٍ روتيني بدليل الحمض النووي الجديد. في العام 2004، حاول مجلس النوّاب الأميركي أن يُقِرّ مشروع قانون سيتيح لكلّ نزلاء السجون الفدراليين وصولاً إلى اختبارات الحمض النووي ما بعد الإدانة postconviction DNA tests التي يمكنها أن تُبرّئهم، ولكنّ المعارضة ردّته[28]. يُرجّح أنّ مشروع القرار سيظهر ثانيةً في العام 2005.

قد تُمكِّن صيغة الحمض النووي من خفض العقوبة القصوى (عقوبة الإعدام) لحفنة من القضايا. بتعبير آخر، عندما تُستخدَم صيغة الحمض النووي في الجرائم التي

عقوبتها الموت، فإنّ قدرتها على توجيه الاتهام هي يقين حسابي. آخذين في الاعتبار ذلك التحوُّل في الأمور، فإنّ عقوبة الإعدام قد تقتصر في النهاية على تلك الجرائم التي يمكن فيها لصيغة الحمض النووي أن تميّز مرتكِب الجريمة بشكلٍ مؤكّد (وبالتالي سيقلّ استخدامها). سيزوّد هذا بأحكام ذات يقين حسابي حيث لن تصدر أية إدانات بحقّ بريء. بكلتا الطريقتين، يمكن لصيغة الحمض النووي أن تضع نهاية للجدالات بشأن عقوبة الإعدام، تلك الجدالات المستمرّة منذ مئة عام. سيكون استعمال صيغة الحمض النووي أكيداً وسيكون تواترها قليلاً جداً. وحدها القلّة المعارِضة المتحمّسة في كلّ جانب ستكون غير راضية.

ومع ذلك، فإنّ الشيء الذي لا يُرجَّح أن يتغيّر هو الجدل المستمرّ بشأن بنوك المعلومات التي تحتفظ بنتائج صيغة الحمض النووي. إنّ المعرفة التي تزوِّد بها بنوكٌ كتلك تملك الإمكانات لانتهاك خصوصية الأفراد بينما تضرّ بحُسن حالهم في حال وقعت المعلومات في الأيدي الخطأ. إنّ كيفية حلّ هذه المشكلة تبقى مسألة يصعب توقّعها. حتى الآن، فإنّ الجهود للتزويد بآليات مضمونة لمنع قراصنة الكمبيوتر المستقبليين أو غيرهم من المستعمِلين غير المُفوَّضين من الاستعمالات غير المرخَّص بها قد فشلت. بالنظر إلى أنّ أيّ نظام كمبيوتر يمكن أن يُختَرَق، فمن غير المرجّح أنّ نظاماً كهذا سيكون متوفّراً في المستقبل المنظور.

9

المرحلة النهائية:
الهندسة الوراثية؛ المستقبل، والاتجاهات، والتوصيات الحالية

أُلِّفت الفصول الثمانية السابقة في محاولة لتقديم خلفية عامّة وواسعة النطاق للمناظرة حول الهندسة الوراثية. فكما رأينا، لا تتعلق الهندسة الوراثية بالاستنساخ فقط، بالرغم من أنّ ذلك الموضوع سيتصدّر دوماً العناوين الرئيسية. إنّ ما يُسمّى باستنساخ البشر سيبرّز للأبد أية مناقشة أخرى حول هذا الموضوع، ولكن من المهمّ أن نعرف أنّ الهندسة الوراثية تشمل مواضيع أخرى عديدة، مثل التعديل الوراثي للأغذية، وتعديل الجينات البشرية في محاولة لإيجاد علاجات شافية للأمراض، أو حتى تعديلات لإنتاج تحسينات بشرية من نوعٍ ما. إنّ الحديث عن الهندسة الوراثية يعني الحديث عن كلّ هذه الموضوعات. وفهمُ المناظرة بشكلٍ أفضل يتطلّب دراسة وانتباهاً دقيقاً لكلّ المكوِّنات التي تؤلِّف هذا الموضوع المعقّد جداً. كتب ألكسندر بوب مرة:

> أية إساءات فظيعة تنبع من أسباب غرامية،
> أية خصومات قوية تنشأ من أشياء تافهة[1].

الحمض النووي هو بالكاد تافه، كما تبيّن، ولكن بالنظر إلى هذا العنصر متناهي الصِّغر الموجود في الكروموسومات، يجد المرء صعوبة في أن يفكّر بشيء أبلغ في الصِّغر

نشأ عنه هذا الكمّ الهائل من الحبر الحزين، وهذا الكمّ الهائل من الصحافة التفاؤلية.

سيركّز هذا الفصل الأخير على أربعة مجالات في محاولة لتلخيص ما نعرفه حتى الآن والغاية التي قد نكون متّجهين إليها في المستقبل. تزوِّد هذه المجالات الأربعة بالأساس لاستمرار البحث والمناقشة. إذا رفضنا أن نعالج هذه المجالات، فمن المرجّح أننا سندخل في جولة أخرى من الجدل المستمرّ والتشاحن اللانهائي. أمّا إذا وجّهنا أنفسنا إلى مجالات الاهتمام الكبيرة هذه، فربما سنبدأ في إيجاد أرضية مشتركة لحلّ مشاكلنا المشتركة. هذه المجالات هي تحسين النسل، والقِيَم العلمية والأخلاقيات العلمية، والاكتشافات الجديدة والمشاكل الجديدة، والتلاعب بما لا يحقّ التلاعب به.

تحسين النسل

كما بيّنا في ختام الفصل 2، فإنّ الكثير قد كُتِب عن تحسين النسل وتنفيذه في العقود الأولى من القرن الماضي. اندفعت شخصيات رئيسية إلى مقدَّم هذه الحركة وناشدت القادة والحكومة أن يتولّوا أمر العناية بإحداث سلالة جديدة، إن لم تكن الأفضل، إلا أنها بالتأكيد ستكون أفضل من السلالة الموجودة.

إنّ ورود تكنولوجيات التحسين، مع الاستنساخ والمقوِّمات الأخرى للهندسة الوراثية، يُوقِظ شبح تحسين النسل مرة أخرى، وبشكلٍ أكثر جدّية بكثير من ذي قبل لأننا الآن نملك التكنولوجيا المجهرية لتحقيقه وبسرعة. يتحدث المؤلّفون ذوو النيّة الحسنة عن تحسين النسل الإيجابي المزعوم واستخدام الهندسة الوراثية لتحسين بِركتنا الوراثية. هذه الحركة جارية مجراها بالفعل ويتمّ الدفاع عنها مرة أخرى من قِبَل أولئك الذين هم في طليعة العلم.

يكتب أحد العلماء: "إنّ ما أُسيء استعماله في حركة تحسين النسل لم يكن العلم، بل كان الافتقارَ إلى العلم؛ كان الجهل... أنا أقول هذا باقتناع شديد لأنني أعتقد أنه لا يوجد مُبرِّر للقول بأنّ العلم قد أُسيء استعماله"[2]. بحسب الظواهر، يبدو هذا إمّا تفاؤلياً جداً، أو ساذجاً جداً، أو كليهما.

وعلاوة على ذلك، فقد جاء إلينا تحسين النسل عبر أصولٍ كانت "تقدّمية بشكلٍ واسع، وغالباً يسارية التفكير"[3]. يُعتبَر هذا هامّاً في الولايات الزرقاء (التي يميل معظم ناخبيها للتصويت للديمقراطيين) والولايات الحمراء (التي يميل معظم ناخبيها للتصويت

للجمهوريين)[4]. في معظم الأحيان نحن نابذون لوجهات النظر المحافِظة واليمينية إلى حدّ كبير ومعظم تفكيرنا في هذا الموضوع متأثِّر ليس فقط بوسائل الإعلام بل أيضاً بأعضاء هيئة الأساتذة في الجامعات. نحن أكثر احتمالاً بكثير لأن نعتنق وجهة نظر تقدّمية بشكلٍ واسع فقط لأننا نريد من الغير أن يفكِّر بنا كتقدّميين ومستقبليي التفكير. نحن أقلّ احتمالاً لأن نتحوّل من، وليس إلى، وجهة نظر تقدّمية. لا تنسَ أنّ أفلاطون هو من أوصى في كتابه **الجمهورية** بأنّ ما يُسمّى بالطبقات الحاكمة يجب أن تُنشَّأ بمسؤولية[5]. عندما يقترح علينا من يسمّون أنفسهم بالمفكّرين طريقاً لنسلكها، نجد أنفسنا منجذبين إليها بشكلٍ لا يُقاوَم، إن لم يكن لأيّ سبب آخر سوى أننا نريد أن نُشمَل مع فئة الناس منفتحي العقل. ولكن يمكن للمرء أن يكون منفتح العقل جداً، كما حذّرت الكاتبة الجنوبية فلانيري أوكونور، إلى حدّ فقده لأيّ حسّ منطقي. وفي حالة الهندسة الوراثية، لا يمكننا أن نسمح لهذا أن يحدث.

هل تعلّمنا أيّ شيء من التاريخ، من محاولاتنا الأولى في تحسين النسل التقدّمي؟ هل يمكننا أن نأخذ على عاتقنا تحسين السلالة البشرية من دون الحطّ من قدرها؟ إنّ الكيفية التي نعرِّف بها كلمة "أحسن" ستؤثِّر إلى حدّ كبير في ما إذا كنا سنُحسِّن المجتمع أو مجرّد جزء منه. إنّ الحديث عن التحسين البشري هو شيء، وتعزيز جزء واحد من الجنس البشري دوناً عن كلّ الأجزاء الأخرى هو شيء آخر تماماً. ليس واضحاً بعد أننا تعلّمنا ذلك الدرس الهام.

يجب أن يبقى الشفاء والإنسال مُنفصلَين ضمن الهندسة الوراثية[6]. يجب السعي بحماسة وراء أية حركة تُخفِّف من المعاناة البشرية الناشئة عن المرض إذا كانت لا تَرِد على حساب الآخرين. ولكن، إذا كنا نعتزم أن نربط الإنسال الأحسن بالشفاء، فقد نخسر واحداً منهما بينما نعزّز الآخر. لقد دخلنا بلا شكّ عالماً جديداً شجاعاً. يبقى أن نرى ما إذا كنا سنجعل هذا العالم الجديد حلماً أو كابوساً. ستتوقّف النتيجة على السرعة التي نشرع بها في سعينا ذاك. إذا كنا نرى المعرفة واقتناءها كخيرٍ مُطلَق، فإنّ السعي وراءها سيكون على الأرجح بسرعة خطرة إلى أبعد حدّ وعلى حساب المسائل الأخلاقية. أمّا إذا رأيناها كامتلاك لإمكانية الأذى، فقد نسعى وراءها أيضاً بكلّ العملية المستحقّة. يجب للأهداف العلاجية أن ترجح دوماً الأهداف التجميلية[7].

وحتى في سعينا وراء الأهداف العلاجية، يجب أن نسأل أنفسنا باستمرار ما إذا كان القضاء على الألم ليس فقط هدفاً خيِّراً، بل أيضاً قيِّماً. سيبدو كذلك بالتأكيد،

ولكن كما يشير شاتوك، فإنّ السعي وراء كلّ المعرفة لأجل المعرفة ذاتها لا بدّ أن يُخلِّف ألماً في أثره[8]. سيكون من الحماقة أن نجادل بأنّ أيّ تحسين نسل معدَّل، أو ما يُسمّى بتحسين النسل المفيد، لن ينعطف أبداً باتجاه خاطئ.

إنّ الرجل الفاوستي (نسبة إلى المشعوذ الألماني من أهل القرن السادس عشر) الذي يفضل المكاسب المادية على القيم الروحية من خلال سعيه الدائب إلى الحصول على المعرفة والسيادة، والذي سيبيع ذاته من أجل المعرفة هو رجل مفرط. هؤلاء الرجال هم مثل الأسياد في الأساطير التي تجلب النار من السماء لتحرق مُحسِنيها بدلاً من أن تُدفِّئهم. إنّ حُسن النيّة لا يُسفر دوماً عن عمل خير ومن الصعب أن نرى كيف يمكن لتحسين النسل، مهما جُدِّد، أن يصبح خيراً مُطلَقاً.

القِيَم العلمية والأخلاقيات العلمية

إنّ ما يُقيِّمه العلم ليس هو نفسه الأخلاقيات العلمية. وبالفعل، فإنّ اللاحق منهما يحصل الآن فقط على الانتباه الذي يستحقّه. من نواحٍ عديدة، يبقى ما يُقيِّمه العلم متضارباً في المصلحة مع ما هو صائب أخلاقياً[9]. أدّى تصاعد التقنيات الحيوية إلى وضع ضغط أقصى على العلماء لجهة الإنتاج. وقد تحدّى البعض هذا بحقّ على أنه واحدٌ من الأسباب التي لا تسمح للعلماء بأن يكونوا قضاة ومحلّفين لأفعالهم الخاصة. وكما تُعبِّر عن ذلك إحدى المجلات العلمية: "إذا كان أحد الباحثين يقارن الدواء A بالدواء B ويملك أيضاً مقداراً كبيراً من الأسهم في الشركة التي تصنع الدواء A، فهو يفضّل أن يجد أنّ الدواء A أفضل من الدواء B"[10]. ولكنّ التضاربات ليست دائماً مالية، بل هي أحياناً أنانية مفرِطة في طبيعتها[11]. في كثير من الأحيان يدفع نجاحُ العلماء أنانيّتَهم المرعبة بعيداً عن المشهد. وقد يُخطئ عامّة الناس في عزو ما هو نابع حقاً من مجرّد مصلحة شخصية ضيّقة إلى دوافع إيثارية. إنّ العلماء هم ورثة لنقاط ضعف الطبيعة البشرية مثل البقية منّا، وفي كثير من الأحيان يكون الهدف من المساعي العلمية مجرّد إعطاء فكرة أفضل عن الساعي.

ومع ذلك، تبقى تضاربات المصلحة المالية المشكلة الأخطر في الأبحاث حتى اليوم. فبالرغم من أنّ جامعة هارفارد تشترط أنّ أيّ باحث يملك أكثر من 20,000 دولار كأسهم عامة لا يستطيع أن يقوم بمهمة الباحث الرئيس في منحة بحث مموّل من قِبَل الشركة نفسها، إلا أنّ هذا قد لا يكون كافياً، وفقاً لبعض المراقبين[12]. من نواح عديدة، قد يكون هذا أشدّ القوانين صرامة حتى الآن ولكنه ليس مُلزِماً جداً،

حيث لا يزال بإمكان باحث مساعِد أو باحث متورّط هامشياً فقط أن يؤثّر بشكلٍ دراماتيكي في النتيجة[13].

تذكّر قضية جون مور الشهيرة المذكورة في فصلٍ سابق. تلقّى مور علاجاً للسرطان وتعافى. واكتُشِف خلال علاجه أنّ طحاله يُنتج كميّات كبيرة من البروتينات مثل الإنترفرون والإنترلوكين، المعروفة بمساعدتها للجهاز المناعي. سجّل الباحثون براءة اكتشاف لخطّ الخلايا الجذعية من طحال مور وباعوها لشركة أدوية سويسرية بمبلغ 15 مليون دولار. وتابعت الشركة لتجني المليارات. عندما اكتشف مور هذا، أقام دعوى قضائية بسبب عدم الإفصاح عن خطّ خلاياه، الذي سُمّي بخطّ خلايا مو mo، وعدم تلقّيه لعائد مالي له[14]. لم ينجح مور، لأنّ المحكمة قرّرت أنّ إصدار حكم قضائي لمصلحته سيعرقل تقدّم العلم، بالرغم من أنّ المحكمة منحته بالفعل بعض التعويض المالي. يكتب أحد العلماء: "إذاً، هناك ميلٌ بلا شكّ لتجاهل أو تقليل شأن الأخطار الناتجة عن النشاط العلمي"[15]. وفي حين أنّ هذا قد يكون قوياً جداً، إلا أنّ العلم بالتأكيد بطيء في الاعتراف بالنتائج المُحدَثة من دون قصد بواسطة إجراء طبي. يمكن بسهولة لهذه النتائج أن تكون سيئة بقدر ما يمكن أن تكون جيدة.

ليست قضية مور بالقضية الوحيدة التي يمكن تسليط الضوء عليها. بالمجاز المرسَل، هي جزءٌ يسدّ مسدّ الكلّ. أين سنجد المراقبين الحياديين؟ إنّ المحاكم مُثقلة جداً بالدعاوى القضائية التافهة إلى حدّ يتعذّر معه سماع هذه القضايا والفصل فيها في الوقت المناسب. والمواطنون هم قليلو الاطّلاع جداً ليكونوا قادرين على البحث في جهود الأبحاث وإعلام هيئات العلماء بأفضل المقاربات. والعلماء أنفسهم يبدون مقيّدين بشكلٍ معقّد بالنتائج، حيث لا يمكنهم أن يكونوا مراقبين حياديين. وكما يلاحِظ شيلدون كريمسكي، فإنّ "سلسلة الأفكار هذه تقودنا إلى السؤال التالي: بالنظر إلى الحوافز لاتّباع النتائج التجريبية حيثما تقود، أيّ دليل لدينا بأنّ الاستثمار الخاص في الأبحاث الأكاديمية يلعب أيّ دور في تشكيل نتيجة أية دراسة؟"[16]. يشير الدليل المبكر إلى أنه يمكن أن يؤثّر كثيراً في الحصيلة بنتائج سلبية مُعوِّقة أو غير إيجابية، أو أن يؤثّر فيها بحظر موادّ مُضِرَّة بصورة خاصة. إنّ السباق لرسم خريطة الجينوم البشري هو مثالٌ جيّد هنا، لأنّ الكثير من الدليل الوارد لم يُناقَش بشكلٍ كامل إلا لاحقاً. أصبح السباق هامّاً بقدر النتيجة.

أحد الأسباب وراء المناظرة الحامية حول القِيَم ضمن الهندسة الوراثية هو أنّ

العلماء عموماً لا يعتبرون النشاط التقني مُحمَّلاً بالقِيَم. يرجع هذا ربما إلى أنّ العلماء يتباهون بكونهم قادرين على فصل أنفسهم عن النتائج التي يتوصّلون إليها. والحقيقة هي أنهم ليسوا بأكثر (أو أقلّ) قدرة على فِعل ذلك من بقيّتنا.

ليس السبب أنه لم يتمّ تحذيرهم. وبالفعل، كان بعض العلماء قبل عشرين سنة ينشرون العلم الأحمر. كتب ويليام لورنس أنّ "النشاط التقني يجب أن يُعتبَر مُحمَّلاً بالقِيَم بمعنيَين: تؤثّر القِيَم الاجتماعية للناس التقنيين وفهمهم للقِيَم في أبحاثهم وخدمتهم، وذلك العمل يؤثّر بدوره في فهم القِيَم من قِبَل عامّة الناس"[17]. يعتبر لورنس البحثَ العلمي كتمرين مُحمَّل بالقِيَم، وهو كذلك بالتأكيد. ويتابع ليجادل بأنّ الخبراء التقنيين يتّخذون قرارات حاسمة بالنيابة عن عامّة الناس. أضِف إلى هذا المزيج عشرات الملايين من الدولارات التي هي عُرضةٌ للضياع وسيكون لديك توليفة سريعة الاشتعال. ويتابع لورنس ليشير إلى أنّ "المشاكل الخطيرة تنشأ عندما يكون الاختلاف بين الحقائق والقِيَم ضبابياً أو غير مُميَّز، أو عندما يُخطئ المجادلون التعريف"[18]. وهذا ما حصل، خصوصاً في حالة أبحاث الخلايا الجذعية والمناظرة حول الخلايا الجذعية الجنينية والبالغة. كما أُشير في الفصلين 3 و7، بالرغم من النجاح الكبير الذي شوهِد في استعمال الخلايا الجذعية البالغة مقابل الخلايا الجذعية الجنينية، وبالرغم من أنّ عامل الرفض في الخلايا الجذعية الجنينية لم يُقهَر بعد، إلا أنّ الخلايا الجذعية الجنينية تستمرّ في تصدّر معظم العناوين الرئيسية، إن لم يكن كلّها، ناهيك عن نتائج الأبحاث. آخذين في الاعتبار أنّ معظم الناس الباحثين عن حلّ متعلق بالخلايا الجذعية هم في أمسّ الحاجة إليه (إما لأنفسهم أو لأحبائهم)، فإنّ إجراء مناقشة واضحة ونزيهة ومنهجية هو أمرٌ ضروري. على سبيل المثال، يُعتقَد الآن أنه في حين أنّ الخلايا الجذعية البالغة قد أثبتت نجاحها في عددٍ من الأمراض، إلا أنّ استعمال الخلايا الجذعية الجنينية "لن يكون أبداً علاجاً فعالاً (خصوصاً في حالة داء ألزهايمر) لأنه... مرض متعلق بكامل الدماغ وليس اضطراباً خلوياً مثل داء باركنسون"[19]. إنّ العديد من الآمال العظيمة للأمراض المعالَجة بالخلايا الجذعية الجنينية تقع في هذه الفئة متعدّدة العوامل، ما يجعل الخلايا الجذعية الجنينية عديمة النفع في علاج أمراض كتلك. قد تُثبت الخلايا الجذعية الجنينية أنها عديمة النفع لأنّ استبدال جين واحد في مشكلة متعدّدة العوامل لا يغيّر شيئاً بشأن السلوك والعوامل الأخرى التي تؤثّر في أحوال المرض.

يُشكِّل العلم وجهة نظرنا الثقافية سواء أشئنا أم أبينا. فهو يرفع الوعي العامّ تجاه قضايا لا يمكن أن يُتوقَّع من عامّة الناس أن يتناظروا بشأنها لوحدهم، بالنظر إلى مستوى الخبرة التقنية المطلوبة لفهم مصطلحات المناظرة. وعلاوة على ذلك، يجب أن يزوِّد العلم (رغم أنه لا يفعل ذلك دوماً) بتحليلات هامّة لتغييرات تكنولوجية معيّنة. يتحدّى العلم المجتمع بإحداثه لتغييرات تكنولوجية قد تجبرنا على قبول التزامات مأساوية بالعواقب لنتائج يمكن تجنُّبها. لا يمكننا أن نفصل السياسة عن التقدّم العنيد المندفع إلى الأمام بأكثر ممّا يمكننا أن نوقِف تسييس أيّ إصلاح اجتماعي آخر. إذا أصبحت هذه الذراع للمناظرة العلمية مُسيَّسة أكثر ممّا هي بالفعل، فسنواجه قضايا أخلاقية جدّية قد لا يسهل الفرار منها. إنّ للعلم مسؤولية مهنية تقتضي منه التأكّد من أنّ مساهماته في هذه المناظرة واقعية ومستندة إلى الأدلة قدر الإمكان[20]. فمجرّد اكتشاف العلم لشيء أو كشفه النقاب عنه لا يجعل تفسيره التالي لذلك الاكتشاف واقعياً. إنّ تحذير لويس، المذكور في الفصل 3، هو تحذير مُنوِّر: "تجلب العلومُ إلى الحقائق الفلسفةَ التي تدّعي أنها تنشأ منها"[21].

نظراً إلى أنّ أيّ جين مُقحَم يصبح جزءاً من الجينوم الجديد، فإنّ الأجيال المستقبلية قد تكون في خطر. قد لا يكون هناك مبرِّر نظري لمنع زرع الجينات بسبب الخطر المحتمل بأنّ الجين المُقحَم، أياً كان، سينتقل وراثياً للأجيال المستقبلية، فعلياً دون تغيير. ولكن هل يجدر بنا أن نسمح بأيّ علاج يُحدِث تغييراً موروثاً قادراً على الانتقال إلى الأجيال المستقبلية، مهما كان حجم فائدته الفورية لعامّة الناس، أن يمضي قدماً بدون اعتبار لعواقبه المستقبلية غير المتوقّعة؟[22] لا يشير الدليل حتى الآن إلى أنّ أيّ جين مفيد مُقحَم في خطّ خلايا جذعية سيُنتج دوماً جينات مفيدة بأكثر ممّا ستفعل تلك الجينات التي وُلِدنا بها[23]. وعلاوة على ذلك، تشير نجاحات الاستنساخ المبكرة، بما فيها دوللي، إلى احتمال وجود زوال obsolescence صلبي ملازِم للعملية، لأنّ العديد من المُستنسَخات اختبرت إمّا عمراً قصيراً أو أمراضاً متعدّدة وصعوبات صحية تجاوزت بكثير ما يعانيه المولودون طبيعياً.

تملك الهندسة الوراثية إمكانية عظيمة لوضع قدرات هائلة في أيدي قلّة من الناس. من الواضح أنّ العلماء سيصبحون بوّابين لهذه المعرفة. يصبح السؤال حينها من سيراقب البوّابين، من سيراقب كلاب الحراسة؟[24] قبل استنساخ دوللي، وقع استنساخ البشر ضمن فئة الخيال العلمي. ولكن بعد استنساخها، دخل استنساخ البشر

في حقل شبه اليقين، بالرغم من أنّ الاستنساخ البشري حتى الآن لم يتجاوز مرحلة الكيسة الأريميّة (عبارة عن أصل جنيني متحور يتميز به الحيوان الثديي المشيمي) blastocyst (100 خلية تقريباً).

يشير البعض إلى أنّ قوانين الحظر الحالية بشأن الاستنساخ البشري تُعتبَر كافيةً في الوقت الراهن. ولكن من الواضح أنّ قوانين الحظر المزعومة هذه ليست كافية لمنع الاستنساخ البشري إذا كان هذا هو مقصدنا منها. وحتى إذا كانت قوانين الحظر هذه ستمنع الاستنساخ البشري في بلدٍ معيّن (وسيجادل البعض بأنها لن تفعل)، فلا يزال هناك الكثير من حرّية الاستنساخ البشري خارجاً، بالإضافة إلى تمويل خاص أكثر من كافٍ يضمن تحقيقه. بلا شكّ، سيبقى هناك مجال لإنشاء وكالة تنظيمية ما لمراقبة كلّ الأبحاث لجهة ما أسماه البعض "بالتفاؤل قصير الأمد والخطر المحتمل بعيد الأمد" والاستعمال المفرط للاكتشاف العلمي[25]. في الوقت الحالي، وبالنظر إلى الانقسام الكبير بين المجموعات التي تريد للاستنساخ البشري أن ينجح وتلك التي لا تريد، لا يبدو أنّ هناك طريقة لإنشاء وكالة كهذه تستطيع تنظيمه بشكلٍ كافٍ لإرضاء جميع الأطراف. إنّ النداءات الداعية إلى الثقة بالعقلانية البشرية والمنطق البشري لتوجيهنا إلى ملاذ آمن تبدو ساذجة[26].

لا يقول هذا شيئاً عن استجابة المجتمع العلمي لأولئك ضمنه الذين يعارضون الاستنساخ البشري. خذ، على سبيل المثال، ديفيد برنتيس، العالِم الأميركي البارِز والمؤسِّس المشارك لتحالف العلماء الأميركيين حول أخلاقيات البحث العلمي. اتّخذ برنتيس موقفاً معارِضاً للاستنساخ البشري وقد استُشهِد به كثيراً من قِبَل السناتور سام براونباك والنائب ديف ويلدون في شهادتهما أمام الكونغرس ضدّ الاستنساخ البشري. كان نقّاده سريعين في تجنُّب علمه بالغ الدقّة وقاموا بدلاً من ذلك بالتشهير به بادّعاءات منحرفة، مثل ادّعائهم بأنه يستخدم خطط صناعة التبغ من أجل "إنقاص قيمة المعلومات العلمية"[27]. ليس الهدف هنا أن نرفع طرفاً فوق آخر بل أن نوضِّح أنّ المناظرة تنحلّ بالفعل عندما يلجأ أحد الطرفين إلى التعريض والجدل الموجَّه لأهوائه في محاولته للفوز.

هل التكنولوجيا الوراثية مختلفة جداً عن الأنواع الأخرى من التكنولوجيا الطبية والعلمية؟ هل زرع الجينات مختلفٌ كثيراً، إن لم يكن على الإطلاق، عن ازدراد حبة دواء؟ يشتمل كلٌّ من الطب الوراثي والصيدلاني على تعيين موقع الأمراض وعزلها

باستبدال الجينات السيئة بأخرى جيدة، واستخدام الأدوية لإزالة الأعراض أو تخفيفها أو تعزيز الوراثة البيولوجية للمرء. ولكن كما لاحظ ليون كاس:

> بالرغم من... التشابهات الواضحة، إلا أنّ التكنولوجيا الوراثية مختلفة أيضاً بصورة جازمة. فلدى تطوّرها بشكلٍ كامل، ستستخدم ببراعة قدرتَين لا تشتمل عليهما الممارسة الطبية العادية. يعالِج الطب فقط الأفراد الموجودين، وهو يفعل ذلك بشكلٍ ترميمي فقط، ساعياً لتصحيح الانحرافات عن معيار صحي ثابت تقريباً. وعلى نحوٍ متباين، فإنّ الهندسة الوراثية ستقوم أولاً وقبل كلّ شيء بإحداث تغييرات قابلة للنقل إلى الأجيال التالية وقد تُغيِّر مُسبقاً أفراداً مستقبليين محدَّدين من خلال مداخلات جنينية أو على مستوى الخلايا الجنسية مباشرة. ثانياً، قد تتمكّن الهندسة الوراثية، من خلال ما يُسمّى بالتحسين الوراثي، من إحداث قدرات بشرية جديدة وبالتالي معايير جديدة للصحة واللياقة[28].

وعلاوة على ذلك، يذكّرنا باحث الـ MIT الشهير ستيفن بنكر بأنّ التحسين لا يعني سؤال الآباء والأمهات إن كانوا يرغبون في إنجاب أطفال أقوى، وأسرع، وأذكى، وأكثر صحة. من منهم سيجيب أبداً بالنفي؟ الأصحّ أن نسألهم إن كانوا يرغبون في الخضوع لإجراءٍ غايةً في الألم، والأثر، والتكلفة يمكن أن يعطيهم طفلاً أكثر موهبةً بقليل أو طفلاً مشوّهاً[29]. عندما يُعبّر عنها بمصطلحات واقعية، تبدو المناظرة بأكملها غير ذات أهمية عملية.

ويتابع كاس، رجل إدارة الرئيس جورج و. بوش المعيَّن للأخلاقيات الحيوية، ليشير إلى أنّ هذا التقسيم للجينات لإحداث نموذج جديد أو قدرات بشرية جديدة يزيل الحرّية الفردية بينما يسحق الكرامة البشرية. وهو يجادل بأنّ مخاوفنا بشأن الهندسة الوراثية معرّضة لخطر الزوال بتحدّيات الأخيرة لكرامتنا وإنسانيّتنا؛ مُستخِفّة بالأولى ومُختزِلة الثانية. بالنسبة إلى آخرين، إنها جمع الكرامة البشرية مع المال أو بيع الاكتشاف الوراثي الأحدث إلى عارِض الثمن الأعلى[30]. إنّ رفضنا أن نجلب الهندسة الوراثية تحت "قانون فكري، وروحي، وأدبي، وسياسي" يسمح لها أن تتحكّم بنا، وليس العكس[31]. وعلاوة على ذلك، "حتى عندما يسبّب خللٌ وراثي أمراضاً، فهذا لا يعني تلقائياً أنه يمكن أن يُعالَج (بنجاح) باستبدال البروتين المختلّ أو المفقود بمكافئه

المُحدَث بتقنيات التكنولوجيا الحيوية"[32]. أوضحُ مثالَين على هذا هما فشل اللياف الكيسي في الاستجابة للزرع الجيني، من جهة، والأورام السرطانية الناشئة عن زرع الجينات في الفئران المصابة بداء السكّري، من جهة أخرى. وأخيراً، يحذّر كاس بأنّ مناقشة الهندسة الوراثية تؤول إلى استشراف عملي بسيط: هل تنجح، وكم ستكلّف، وهل ستُحدِث ضرراً جسدياً قابلاً للكشف، وهلمّ جرّاً. يقود هذا إلى اعتمادٍ مفرط على قائمة حجج مؤيّدة أو معارِضة بسيطة مع رغبة متعمَّدة بفوز الطرف المؤيّد.

ومع ذلك، هناك آخرون يجادلون بأننا قريبون بشكلٍ مُنذر بالخطر من الغطرسة المفرطة، أو العجرفة، بما ندّعيه لأنفسنا من حقّ هو ليس لنا[33]. ويتابع هؤلاء ليسألوا، ماذا عن خصوصيتنا الوراثية؟ لم تكن هناك ضرورة لها قبل الهندسة الوراثية. ومع ورودها، نجد أننا الآن بحاجة إلى قوانين لحماية حتى أكثر الأجزاء البشرية مجهريةً[34]. ويفترض آخرون سيناريوهات أكثر تعلقاً بالمصير. ماذا عن الأسلحة العرقية التي تستهدف شعوباً معيّنة بينما تستثني شعوباً أخرى، والحرب الكيميائية الحيوية؟ ماذا عن تلك الفئران عديمة الرؤوس المذكورة في فصل سابق والتي تُوقِظ شبح البشر عديمي الرؤوس المُحدَثين فقط من أجل وهب الأعضاء؟[35] قد يبدو مثل خيالٍ علمي الآن، ولكنّ الحمض النووي المؤتلف لم يجعل هذه السيناريوهات ممكنة فقط، بل جعلها أيضاً محتملة الحدوث أكثر من أيّ وقت مضى[36]. وماذا عن تنوّع الجنس البشري، في حال أصبح الاستنساخ عملية شائعة؟ يلاحظ برنارد دافيس:

> قد يُسهم علم الوراثة الجزيئية أيضاً بشكلٍ غير مباشر في تمييز التنوّع الوراثي بتشجيع قبول المبادئ التطوّرية، لأنّ كلّ التنوّع الوراثي قد نشأ من خلال آليات التطوّر. وفي حين أنّ الاختلافات الوراثية في جميع البشر هي أوضح ظهوراً في السمات الفيزيائية والكيميائية الحيوية ممّا هي في السمات السلوكية، إلا أنّ الأخيرة خاضعة لنفس القوانين التطوّرية، التي تتوقّع تنوّعاً واسعاً... أيّ مجتمع رتيب وغير فعّال سيكون لدينا إذا كان الجنس البشري مُستنسَخاً عملاقاً، بدلاً من أن يكون مجتمعاً بمواهب متنوّعة، وشخصية فريدة في كلّ مولود جديد![37]

وعلاوة على ذلك، عندما ترِد معلومة جديدة سنندفع لوضعها موضع الاستعمال. ولكن علينا أن نتذكّر، كما يعبِّر عن ذلك أحد الباحثين، أنّ "معجزات الطب الحديث قد لا

تكون، لدى القيام بها، سوى لعنات على المتلقِّين"[38]. كان هذا صحيحاً بصورة خاصة في حالة الأطفال الصغار الذين خضعوا حديثاً لمعالجة جينية تجريبية لنقص المناعة[39]. أصيب هؤلاء الأطفال الصغار بابيضاض الدم بعد زرع الجين بواسطة فيروس قهقري في الخلايا الجذعية لنخاع العظم. نجم هذا بصورة شبه مؤكّدة عن تنشيط جين مُنتِج للسرطان استُخدِم لنقل الجينات العلاجية إلى الخلية. بتعبير آخر، كان العلاج أسوأ من المرض، أو على الأقلّ مُميتاً بنفس القدر.

قد يتبادر الاختبار إلى الذهن بصورة الكأس المبجّلة للسلامة، ولكن حتى هنا، تبقى المناظرة حاضرة دوماً. يجادل البعض بأنّ الكثير جداً من التمويل الحماسي يجعل الاختبار مشبوهاً (بغضّ النظر عن حجم الاشتباه). لا تنسَ أنّ لدينا العديد جداً من الشواهد لأدوية مشكوك فيها تصل إلى السوق (على سبيل المثال، فيوكس Vioxx وسليبركس Celebrex، اللذان يُعتبَر كلٌّ منهما الآن عاملاً أساسيّاً في النوبات القلبية أو السكتات الدماغية بين أولئك الذين تعاطوهما بصورة متكرّرة). كان هناك أيضاً جيسي غيسلينغر، الشاب الذي أسفرت معالجته الجينية عن موته السريع. وحتى ما أسماه البعض غطرسة العالِم المُفرِطة (الاختبار الذاتي، مثل ذاك المُنفَّذ من قِبَل الطبيبين كينيث موراي وتشارلز ويزمان) يبقى مشبوهاً[40]. ابتلع موراي العاثية اللاميّة lambda phage ليُثبت أنها لا تبقى في جسم الإنسان. وابتلع ويزمان مرتين الإشريكية القولونية ليُثبت أنها لا تدوم طويلاً في الأمعاء لأنّ "الشقوق الصغيرة الضيّقة" مشغولةٌ بالفعل وسيتطلّب الأمر غازياً أقوى وأكثر قابليةً للتكيّف لإزالة ما هو موجود هناك طبيعياً. ينظر بعض العلماء إلى اختبار كهذا على أنه مؤثِّر في النفوس. ويراه آخرون مشوِّقاً، وحتى قاهِراً، ولكنهم يعتقدون بوجوب القيام بمزيد من الدراسة من أجل جعل أية أدوية ناتجة إجراءً متوفِّراً على نطاق واسع.

إذا كنا لا نستطيع أن نتحكم بالهندسة الوراثية في مهدها، فكيف سنفعل ذلك عندما تبلغ مرحلة النضوج؟ على سبيل المثال، نحن نُطبِق بسرعة على سمة الذكاء؛ كيف تنتقل وراثياً وعلى أيّ جين. حالما نعرف ذلك، سيُغرَق السوق بطلبات إلى شركة فائق الذكاء Brainiac أو شركة آينشتاين[41]. إنّ فكرة التعزيز الوراثي (الجيني) بأكملها تعني أننا نسمح لبعض الناس أن يُعرِّفوا ما هي الوظيفة البشرية الطبيعية[42].

يُعتبَر الطبيب النفساني وجرّاح الأعصاب (جامعة يال) إيوجين ريدموند ذو الخمسة والستون عاماً، والذي اشتغل على XO47، وهو قرد أفريقي أخضر صغير

ذو مستوى ذكاء أعلى قليلاً من المتوسّط، أبعدَ ما يكون عن فكرة معظم الناس عن الدكتور جيكل. ولكن بعد أن زرع 3 مليون خلية دماغية بشرية في جمجمة ذلك القرد، أصبح للبعض رأيٌ مختلف[43]. إذا كان مُحقّاً ونمت خلايا الدماغ كما هو متوقّع، فقد يكون ريدموند قد وجد حلاً ممكناً لداء باركنسون. أمّا إذا كان مخطئاً، فقد أحدث ريدموند كِمِّيراً آخر في سلسلة طويلة من الكِمِّيرات، البعض منها كان شاذّاً داخلياً فقط، والبعض الآخر كان شاذّاً داخلياً ومُخيفاً خارجياً على حدّ سواء. تستمرّ هذه الأسئلة وغيرها من الأسئلة غير المحلولة في إفساد حقل الهندسة الوراثية.

هذه الأسئلة غير المحلولة هي التي دفعت إدارة الرئيس بوش إلى إبطاء العملية وعقد ما أسماه المعارِضون "حلقة دراسية قومية"[44]. "في تنعّمنا بفوائد التكنولوجيا الحيوية، نحن بحاجة إلى الالتزام بقيمة للإنسان، لا تُرى بمصطلحات مادية أو آلية أو طبية بل بمصطلحات نفسية وأدبية وروحية. نحن بحاجة إلى أن نرى الشخص البشري بما يتجاوز المصطلحات العلاجية"[45]. ومع ذلك، فإنّ الزعماء الجمهوريين في مجلس النواب الأميركي قد يكونون متحمّسين لفكرة أخرى حول أبحاث الخلايا الجذعية. من المهمّ أن نتذكّر أنّ إدارة الرئيس بوش قد حظرت فقط التمويل الفدرالي للأبحاث على خطوط جديدة للخلايا الجذعية، تاركةً التمويل الخاص مفتوحاً كما كان أبداً. ومع ذلك فقد وافق رئيس مجلس النواب الأميركي، ج. دينيس هاستيرت، مؤخّراً على تعيين موعد للتصويت على أبحاث الخلايا الجذعية (من النوع الذي تعترض عليه إدارة بوش) بعد أن هدّد بعضُ الديموقراطيين بالامتناع عن التصويت على قرار ميزانية. خلال الفترة الانتقالية، أعلن زعيم الأغلبية الجمهورية النيابية، بيل فريست، وهو طبيب قلب، دعمه لتمويل فدرالي لأبحاث خلايا جذعية جنينية جديدة. يُعتبَر إعلانه في آب (أغسطس) من العام 2005 معارِضاً بصورة مباشرة لموقف إدارة الرئيس بوش وموقفه هو قبل ذلك بعام واحد فقط. ليس معروفاً بعد ما إذا كان فريست قد اختبر تغيُّراً في الميول، أو مجرّد رغبة شديدة في أن يكون رئيساً. مهما يكن، فإنّ إعلانه ذلك يُظهِر تصعيداً جديداً في مناظرة أبحاث الخلايا الجذعية[46]. يمكن لهذا أن يسبِّب صدعاً في الموقف الجمهوري المعارِض لأبحاث الخلايا الجذعية، حيث لا يبقى هناك أيّ صوت منظَّم معارِض لأبحاث الخلايا الجذعية المفتوحة وغير المقيَّدة. إذا حدث ذلك، فكيف سنمنع أنفسنا من أن نصبح "أدوات أدواتنا"، كما حذّر ثورو؟

وما يزيد الأمور سوءاً لإدارة بوش أنّ العلماء الكوريين قد حقّقوا نجاحاً

جوهرياً في أبحاث الخلايا الجذعية. يذكر الباحثون الكوريون أنهم وجدوا طريقة فعّالة للغاية لإنتاج أجنّة من خلال الاستنساخ. ما إن يتمّ استنساخها، حتى يصبح بالإمكان استخلاص خلايا جذعية من الأجنّة[47]. ومع ذلك فقد خضع فريق البحث البارز للتحقيق بشأن انتهاكات أخلاقية في بحث الخلايا الجذعية في العام 2004[48]. ومن ناحية ثانية، وضع هذا الخبر ضغطاً كبيراً على إدارة الرئيس بوش. إنّ الوعد بعلاجات شافية لأمراض تتراوح من إصابات الحبل الشوكي إلى سرطان الثدي يحمل في طيّاته الكثير من الأمل لملايين المعانين في جميع أنحاء العالم. انتقدت إدارة بوش بقسوة الخبر الكوري وأيّ بحث يقتل الحياة من أجل إنقاذها[49]. وفي حين أنّ المشترعين قد وعدوا بتصويت على أبحاث الخلايا الجذعية، إلا أنّ بوش قد وعد بالرفض إذا انتهكت هذه الأبحاث مبادئه المصرَّح بها سابقاً. وفي غضون ذلك، وعد الباحثون الكوريون بافتتاح بنك خلايا جذعية في نهاية العام 2005 لتسريع تنمية الأنسجة البديلة لمعالجة الأمراض[50].

ومع ذلك، يجادل آخرون بما يفيد العكس بشأن معايير صحية جديدة. يسأل مؤيّدو الهندسة الوراثية ما إذا كان إحداث معايير جديدة للصحة واللياقة هو أمرٌ لاأدبي أو لاأخلاقي في حدّ ذاته. ويجيب آخرون (عددٌ كبير من الآخرين) بالنفي، والعديد من هؤلاء هم علماء في وضع يؤهّلهم لكسب الكثير سواء من الأبحاث، أو الاستثمارات التالية، أو من كليهما[51]. وهم يجادلون بأنه ربما كانت هناك حاجة إلى معيار جديد لأنّ المعيار القديم لم يعد صالحاً أو لم يعد يزوِّد بإجابات للأسئلة وثيقة الصلة بالموضوع. ويقول هؤلاء المؤيّدون إننا على حافّة شفاء عظيم وطول عمر متزايد. المطلوب فقط هو المزيد قليلاً من المال والمزيد قليلاً من البحث[52].

ألسنا نواجه فعلاً معايير جديدة للصحة واللياقة عبر الطب التقليدي غير الوراثي؟ قبل خمسين سنة، كان متوسّط العمر المتوقّع يتأرجح حول 60 سنة. وهو الآن يتجاوز الـ 70 سنة ويقترب بسرعة من 80 سنة. قبل أكثر من ثلاثة عقود، حين بدأ الأميركيون يعيشون حياة أطول عمراً وأكثر صحة، عمدت معظم الشركات إلى إلغاء قانون التقاعد الذي يُحدِّد سنّ التقاعد بـ 65 سنة. يقول هؤلاء المعارِضون أيّ شيء يمكن أن يكون أكثر تجريداً للإنسان من صفاته الإنسانية، وأكثر انتهاكاً للكرامة البشرية من مرضٍ مشوِّه مثل داء باركنسون، أو مُوهِن مثل داء ألزهايمر، أو معجِّز مثل السرطان؟ وعلاوة على ذلك، ما الذي يمكن أن يمنح سعادةً أعظم من تزويد الأزواج العاجزين عن

الإنجـاب بأطفـال مرتبطيـن بهـم وراثيـاً؟[53] بما أنّ الجميع مرشّـحون ممتـازون لتنقيح المهندِس الوراثي، فلماذا لا ندعه يقوم بتنقيحه؟

علـى سـبيل المثـال، يرث الأفراد المصابـون بمتلازمة لي فراومني Li-Fraumeni شـكلاً مختلاً من الجين p53[54]. لدى معظم الناس نسـختان طبيعيّتان من هذا الجين، ولكن أولئك الذين لديهم نسخة مختلّة منه معرّضون بنسبة 50 بالمائة للإصابة بسرطان مميت قبل بلوغهم الثلاثين سنة، وترتفع هذه النسبة إلى 90 بالمائة لدى بلوغهم الستين سـنة فمـا فـوق. يتيـح اختبار جميع أفـراد العائلة أعماراً أطـول وعلاجات مبكرة. ومع ذلك، فإنّ هذا الجين ليس وحده المسؤول عن السرطان. يقول مؤيّدو الهندسة الوراثية أنّ الاختبار واسع الانتشار والبحث الكامل على الخلايا الجذعية هما الحلّ الوحيد.

لقـد اختبرنـا الحـروب دومـاً، وسـنختبرها دومـاً. إذا كانـت هنـاك طريقة لجعل الحـروب أقـلّ إهـلاكاً، أو مُهلكـة للمقاتليـن فقـط، فمـا المانـع مـن فِعـل ذلك؟ هذا الأمر صحيح أيضاً بالنسـبة إلى أيّ إجراء طبي. فجميع هذه الإجراءات تشـتمل على خطر محتمل، بغضّ النظر عن حجمه. إنّ ما اكتشـفناه من تاريخ العلم الطبي هو أنّ الممارسـة والاسـتعمال المتكرّر قد أوصلا الإجراءات المبتدئة والمفتقرة إلى المهارة إلى حدّ الإتقان[55].

وبالإضافـة إلـى ذلـك، كما يقول هؤلاء المؤيّدون للهندسـة الوراثية، هناك تقييم للخطر يقودنا إلى تفضيل النوع الصحيح من تقييمات الخطر على الأنواع الأسـوأ[56]. حتـى مـع معانيهـا الإضافيـة المنفعية، فـإنّ التقييمات التي تفيد أعـداداً كبيرة من عامّة الناس سـيتمّ تفضيلها في كثيرٍ من الأحيان على تلك التي سـتفيد كوادر صغيرة فقط من الأفراد. إنّ الفوائد الكبيرة لأعداد كبيرة ستبزّ دوماً الكوارث الصغيرة، على الأقلّ في البداية. والكثير جداً من الكوارث الصغيرة والدعاوى القضائية الجماعية يؤدّي إلى وقف التقدّم العلمي، بغضّ النظر عن تعريفه. ومع ذلك، فإنّ تقييم الخطر في الهندسة الوراثيـة هـو أمـرٌ معقّـد تمامـاً. فبالإضافة إلى الأخطار الواضحـة التي تصيب الأفراد، هنـاك أيضـاً أخطـار أكبـر تصيب البيئة، عدا عن التفشّـيات الوبائيـة، وإطلاق الكائنات الممرِضـة (كالجراثيـم وغيرهـا)، علـى سـبيل المثـال لا الحصـر[57]. إنّ تعيين الأخطار المحتملة الملائمة في الوقت الملائم قد يعني تقدُّماً كبيراً أو فشلاً مُطلقاً.

يجادل البعض بأنّ السياسـة تلعب الآن دوراً كبيراً جداً في المناقشـات بشـأن الهندسـة الوراثيـة وأنّ السياسـة لا دور لهـا فـي العلـم. ولكنّ التوتّر الحـادّ بين العلم

والسياسة قائمٌ منذ قرون[58]. فكما ذُكِر في فصلٍ سابق، تتبنّى إدارة بوش عملياً وجهات النظر نفسها بشأن أبحاث الخلايا الجذعية التي تبنّتها إدارة كلينتون (والغريب أنّ الحديث وقتها عن التوتّرات بين العلم والسياسة كان قليلاً). لعبت الهندسة الوراثية دوراً كبيراً في الانتخابات الرئاسية الأخيرة، ويرجع ذلك إلى حدّ كبير إلى أنّ حملة كيري-إدواردز قامت بادّعاءات أكثر للمستقبل لم تكن إدارة بوش مستعدة للقيام بمثلها. وبالإضافة إلى ذلك، فإنّ مناظرة العلم والسياسة تمتدّ إلى ما وراء الهندسة الوراثية، لتشمل أيضاً المخاوف البيئية، والاحترار العالمي، وغير ذلك.

التلاعب بما لا يحقّ التلاعب به
(تجاوز الحدود)

آخذين في الاعتبار القدرة التي تملكها الهندسة الوراثية لتغيير الحياة اليوم ومستقبلاً على حدّ سواء، فإنّ اتّهام العلماء من قِبَل معارضي الهندسة الوراثية بأنهم يتلاعبون بما لا يحقّ لهم التلاعب به لن يرِد إلينا كصدمة. يستطيع العلم الآن أن يزوِّد متلقِّيه بالقدرة على تغيير الكثير بشأن حياتهم، بما في ذلك الإمكانية لتغيير مظهرهم، وذكائهم، وربما شخصياتهم أيضاً.

إذا كنا سنسمح للعلم أن يتجاوز حدوده، فيجب أن نكون متأكِّدين من قدرة العلم ليس فقط على الابتداع، بل أيضاً على التصحيح. "لقد علّمَنا العلم الدرسَ الصعب بأنّ البشر ليسوا "مركز الكون"، ولا حتى أرضهم، ولكنه الآن يضع في أيدي البشر القدرات والمسؤوليات لاتّخاذ قرارات كنا سابقاً عاجزين عن اتّخاذها"[59].

بالطبع، ليست هذه المرة الأولى التي حاول فيها البشر أن يتحكّموا بالبيئة من خلال العلم. فمنذ أن اكتشف إنسان الكهف النار، والبشر في صراع مستمرّ مدى الحياة للتكيّف بشكلٍ أفضل مع بيئتهم. وحتى اليوم، لا نزال نحاول أن نؤثّر في الطبيعة البيولوجية والسيكولوجية وأن نغيّرها في اتجاهات ونتائج مفيدة[60]. وعلاوة على ذلك، فإنّ هذا التغيير للطبيعة لتلبية احتياجات مفهومة قد أثمر نتائج جيدة وسيئة على حدّ سواء. ومع تقدُّم الطب، تحسّن المرضى وتحسّنت علاجاتهم. ومع ذلك، فقد حذّر فرنسيس بايكون، فيلسوف القرن السادس عشر، القرّاء من أنّ احتمال موتهم من العلاج مساوٍ لذاك من المرض، ما يشير إلى أنّ الطبّ في بدايته، على الأقلّ عند مستوى هامّ معيّن، كان نقمةً أكثر منه نعمة. ومع ذلك، فإنّ الطب، وبكلّ طريقة، قد

دسّ نفسه بالضرورة في حياتنا وتحسّن مع مرور كلّ قرن، بالرغم من أنّ ذلك لم يكن بدون ضحايا يفوق عددهم غالباً عدد النجاحات.

ومع ذلك، تبقى التكنولوجيا موضوعاً مختلفاً. ففي وجود مرض مميت حتماً، يمكن لإقحام جين جسدي أن يكون مفيداً أكثر منه مؤذياً، آخذين في الاعتبار الظروف الوخيمة. ولكن في حالة التحسين، ليس واضحاً أبداً ما إذا كان إقحامٌ كذاك سيكون مفيداً أكثر منه مؤذياً أو سيكون مؤذياً فقط[61].

يبدو واضحاً أنّ هناك مكاناً للهندسة الوراثية في علاج الأمراض أو تخفيف الألم المرتبط بها، وهو أمرٌ لا يختلف بشأنه اثنان. إذا كان بالإمكان شفاء المرضى من السرطان، وتحريرهم من داء السكّري، وإعتاقهم من تهديد فقر الدم المنجلي، وجعلهم يعيشون حياة خالية من داء ألزهايمر أو حتى تهديده، فإنّ صوت معظم قاطني العالم سيعلو بالموافقة. ولكنّ الشيء الحسن نادراً ما يُترك دون تغيير، ولهذا نحن نضغط من أجل المزيد. نحن لا نريد فقط أن نكون خالين من المرض، بل نريد أيضاً ألاّ نكون أبداً ضحايا له؛ نريد القضاء على إمكانية المرض. ومن أجل الوصول إلى هذا الهدف الخيالي، يجب أن نتجاوز الحدود ونبتكر طرقاً لاكتساب جينات بتوجّه عقلي يقضي باستعمال "أية وسيلة ضرورية". ونحن نكتشف الشيطان حقاً في التفاصيل. إنّ الوصول من النقطة A إلى النقطة B يتطلّب اتّخاذ قرارات الحياة والموت للأجيال الحالية وأيضاً للأجيال المستقبلية، ولكن قبل ولادتها.

يذكّرنا تجاوز الحدود من قِبَل العلماء بأنّ العلم هو هدف متحرِّك. فقبل خمس وسبعين سنة، لم تكن تُثار أية مخاوف أدبية أو أخلاقية لدى إصابة شخص بمرض مميت، كداء لو غيهريغ Lou Gehrig (التصلُّب الوحشي الضموري) مثلاً، لأنه لم يكن هناك إلا علاج وحيد له وهذا العلاج كان مميتاً بسرعة[62]. تمكّن العلاج من تخفيف ألم هؤلاء المرضى إلى حدّ معيّن ولكنهم كانوا يموتون بعد أقلّ من سنتين من بدء التشخيص. واليوم، لا يزال مرضى داء لو غيهريغ يواجهون الموت النهائي ولكنهم يصمدون عموماً أكثر من سنتين بكثير (ما لم تحدث مضاعفة مهدِّدة للحياة من إنتانات ثانوية) بالاعتماد على أدوية وآلات تُبقيهم أحياء.

تثير الحالة المأساوية لتيري سكيافو التعقيدات الأدبية والأخلاقية نفسها. عانت السيدة سكيافو من نُهام وخيم تسبّب في نقص حادّ في البوتاسيوم. وتلا ذلك نوبة قلبية، مع عدة مضاعفات تركتها في حالة وصفتها المحكمة بأنها "حالة إنباتية مستديمة"[63].

قبل خمسين سنة، لم يُصبح الناس الذين هم في مثل حالة تيري سكيافو جزءاً من محادثة شائعة لأنه لم تكن هناك أية تكنولوجيا متوفّرة لتحيُّن المناسبة لمحادثة موسّعة. ولكن بما أننا الآن نملك المعرفة (ولكن ليس بالضرورة الهيكل الأخلاقي) التي نستطيع بها توجيه الاهتمام لعواقب كتلك، فنحن نجد أنفسنا في ورطة أدبية.

تُحدِث الورطة لغزاً جديداً ومُحيِّراً: ما الذي يعنيه أن نكون بشراً؟[64] ليس هذا بالضرورة شيئاً سيئاً طالما أننا لا نُعرِّف أنفسنا (أو أمهاتنا، أو آباءنا، أو شقيقاتنا، أو أشقّائنا) خارج السؤال. كما أنه يثير دون قصد أسئلة بشأن ذوي الإعاقات. إذا عرّفنا الإنسانية وفقاً لما يمكننا أن نجعلها، فهذا سيغيّر وجهة نظرنا بشأن ما أسميناه عادةً بالطبيعي. وفي حين أنّ هذا قد يكون أو لا يكون شيئاً سيئاً في ظاهره، إلا أنه يطرح قضايا جديدة ليس لها حلّ سهل. إنّ الوصول إلى استنتاج معقول قد يتطلّب منا الدخول في أصعدة مزعجة للغاية بالنسبة إلينا وقد لا تبشّر بالخير لمستقبل نوعنا.

إنّ ما نواجهه ليس بالضرورة أفعالاً شريرة يقوم بها أناسٌ أشرار، وإنما هي أفعال بنتائج مجهولة ممارَسة من قِبَل أناس ذوي نوايا حسنة[65]. ترِد الصعوبة الحقيقية عندما تتحوّل النتائج المجهولة إلى حقائق كابوسية. يمكن لتحديد الأخطاء وإلصاق اللوم (بالإضافة طبعاً إلى حسم الادّعاءات المالية من الدعاوى القضائية الجماعية) أن يقود بحقّ إلى دمارنا القومي.

قريباً، ستركِّز القضايا التي علينا حلّها في ما يتعلق بتجاوز العلماء للحدود على متى يجب أن تحدث المداخلات الوراثية، ولماذا نعتقد أنها ضرورية، وعلى ابتكار وسيلة ما من أجل استخدام الإدراك المؤخَّر لانتقاد أفضل نوايانا وتقييم الأخطار والفوائد على حدّ سواء[66]. ستكون موازنة الأخطار والفوائد هامّة بصورة خاصة وستشتمل ليس فقط على تقييم الأخطار أو الفوائد لمتلقّي المداخلة الوراثية، بل أيضاً على تحديد الأخطار والفوائد التي ستنشأ للأجيال المستقبلية.

إلى أيّ مدى يجب السماح للعلماء باستكشاف أسرار الحياة وتجاوز الحدود؟[67] في جميع الحالات؟ في بعض الحالات؟ حتى إذا وضعنا جانباً القضايا الأكثر إثارة للجدل، مثل الاستنساخ وأبحاث الخلايا الجذعية، فإنّ الموضوع لا يختفي. تذكّر أننا أشرنا في الفصل 4 إلى أنّ 70 بالمائة من جميع مخازن البقالة السائدة تبيع أغذية معدّلة وراثياً غير معرَّفة المحتوى (على الأقلّ في الولايات المتحدة). ما التأثير طويل الأمد لهذه الأغذية، إن وُجِد؟ يجادل البعض أنه لن يكون هناك فرق باستثناء التغذية

الأفضل. ويجادل آخرون بأننا سنرى بالتأكيد بعض التغيّرات في الصحة (للأفضل بالضرورة) في المستقبل[68]. لا يُسهِّل الأمور كثيراً ما يخبرنا به الدليل الجديد بأنّ اللحم المستنسَخ والحليب المستنسَخ مُطابقان تقريباً للّحم والحليب الحقيقيين[69]. إذا كان هذا صحيحاً، فما الداعي إلى القلق؟ مرة أخرى، حتى إذا وضعنا هذا الموضوع جانباً، تبقى هناك قضايا التحسين عبر الهندسة الوراثية في ما يتعلق بالنباتات (خصوصاً الزهور) والبذور المستخدَمة للزراعة في أراضٍ زراعية غير ملائمة في العالم الثالث.

إذا كان كلّ هذا ليس كافياً، تبقى هناك مسألة براءات الاختراع الخاصة بالحياة. بما أنها قد حُلَّت في قضية **دايموند ضد تشاكرابارتي**، فإنّ موضوع شرعيتها لم يعد تحت المناقشة. ومع ذلك، يبقى السؤال التالي مثار جدل: ماذا يحدث عندما يتمّ إحداث مداخلة وراثية مُربحة للغاية وناجحة ويسمح مالكها باستخدامها فقط من قِبَل عارِض الثمن الأعلى أو فقط من قِبَل مجموعات معيّنة. وكما يشير كريمسكي، فإنّ "(توجيه) التكنولوجيا الحيوية بأمان خلال طريق مستقبلية من العوائق المحتمَلة يمثّل مسؤولية أدبية هامّة للقطاع العامّ... ليست النوايا الحسنة كافية في حدّ ذاتها"[70]. جادل البعض أنه لو كان الدكتور فرانكنشتاين حياً اليوم، ما كان ليُطرَد من المدينة، بل كان سيُنادى به كبطل بينما يصون مسخه ببراءة اختراع[71]. لا نريد أن نخاطر بجعل أجزاء الجسم البشري سلعة أخرى في بورصة نيويورك NYSE.

وأخيراً، تبقى هناك قضايا السرّية في ما يتعلق بالمعلومات الوراثية. حالما تكون بنوك المعلومات الوراثية في محلّها، يصبح بإمكان الفرد، بالطبع، أن يطّلع على هذه المعلومات. ولكن، أية تدابير هي في محلّها الآن لحصر هذا الاطلاع بأولئك فقط الذين تخصّهم هذه المعلومات الوراثية؟ وعلاوة على ذلك، إذا أصبح الاختبار الوراثي معتاداً، فهل هناك التزام أدبي يقضي بأن يعرف الفرد أيّ مستقبل محتمَل قد تحمله جيناته؟[72] بتعبير آخر، إذا اختُبِر شخص وكشفت جيناته أمراضاً مستترة خطيرة، فهل يجب إعلام ذلك الشخص أو منعه من إنجاب أطفال؟ وأيضاً، هل ستطالب شركات التأمين بوصول إلى هذه المعلومات، مُسنِدةً حججها على الحقّ في تغطية الأفراد الذين ستقود صحتهم إلى تكاليف طبية غير مؤاتية؟[73] إنّ حلّ هذه المعضلة سيُثبت أنه محيِّر بصورة خاصة بينما يبقى حاسماً لنجاح أو فشل القبول العامّ للهندسة الوراثية. إذا رفضنا حلّ (أو على الأقلّ محاولة حلّ) معظم هذه القضايا، فسنجد أنفسنا على طريق يمكن أن تقودنا إلى دمار محتوم.

تعِدُنا الهندسة الوراثية بزراعة أكثر وأفضل، خصوصاً في المناطق التي تصعب فيها الزراعة. وتعدنا بما يمكن أن يُسمَّى الغذاء المصمَّم بجعل الأغذية المفضّلة لدى العالم الغربي أقلّ احتمالاً للتسبّب بالبدانة. وتعدنا ببيئة أفضل وكمية أقلّ من المواد الكيميائية الخطرة ومبيدات الآفات. تعد الهندسة الوراثية ببكتيريا تلتهم البترول وبتكنولوجيا كمبيوترية أفضل. وتعد أيضاً بلقاحات خارقة ستُخلّص العالم من كلّ الأمراض. كما تعد بأطفال مصمَّمين، وباستبدال الأعضاء الجسدية القديمة بأخرى جديدة، إمّا جديدة الصنع أو مُعادة الصنع من أعضاء قديمة. وأخيراً، تعد الهندسة الوراثية بجعل العالم مكاناً أفضل، وأسعد، وأكثر أماناً[74]. ولكن، كم من هذه الوعود قد أُنجِز بالفعل، وكم منها يُرجى إنجازه؟ علينا أن ننتظر لنرى.

إلى أين نحن ذاهبون؟

عند هذه النقطة، لا شكّ في أنّ العديد من القرّاء يشعرون مثل عضو مجلس مدينة كامبريدج المسكين ذاك في سبعينيات القرن الماضي المُشار إليه في تمهيد هذا الكتاب. فبعد أن سمع كلا طرفَي المناظرة حول مسألة الهندسة الوراثية (حيث قدّم كلُّ فريق علماء بارزين، وجاء كلُّ فريق بمعلومات متضاربة مع الفريق الآخر ولكن برسوم بيانية وجداول مقنعة للغاية، وبأبحاث داعمة)، صاح قائلاً: "من يُفترَض بي أن أصدّق بحقّ الله؟"[75] إنها صيحة حماسية مألوفة ومبرَّرة بشكلٍ كامل لكلّ من تصدر عنه. ومع ذلك، يمكن تقديم بعض التوصيات التي قد تزوّد ببصيرة مفيدة واتجاه في التفكير بشأن مستقبل الهندسة الوراثية. لن تجعل هذه التوصيات الأبحاث العلمية أقلّ انطواءً على المخاطر فحسب، بل ستزوّد أيضاً بضوابط أشدّ إحكاماً على ما يتمّ فعله ومن قِبَل من.

1- **يجب معاينة جميع المختبرات القائمة بأبحاث الحمض النووي المؤتلف مرّتين في السنة.** يجب فحص كلّ مختبر فيزيائياً للتأكّد من أنّ النفايات يتمّ التخلّص منها بشكلٍ صحيح وبطريقة مأمونة. يجب إقفال أيّ مختبر يتبيّن أنه مخالف للشروط فوراً وإلغاء تمويله.

2- **يجب استمرار جميع الأبحاث حول الأمراض التي يسبّبها جين واحد.** بما أنّ معظم الأمراض اليتيمة يسبّبها جين واحد، وبما أنّ إيجاد علاج شافٍ للأمراض أحادية الجين ينطوي على وعد أعظم بالنجاح، فلا بدّ لهذه الأبحاث من الاستمرار بكامل قوّتها، وبتمويل فدرالي إضافي[76].

3- **يجب حظر جميع أبحاث الاستنساخ البشري.** ليست لدينا فكرة عمّا نقوم به في هذا المجال، وفُرصنا في النجاح محدودة، وهناك فرصة كبيرة للشرّ حتى إذا وُجِد النجاح. ستؤدّي الكِمِّيرات البشرية، أو المُستنسَخات لقطع غيار بشرية، أو المُستنسَخات للأبحاث (حتى لو كانت ناجحة) إلى إحداث أزمة أدبية وأخلاقية مشابهة لتلك الناجمة عن البحث الذي قام به الأطباء النازيون خلال الحرب العالمية الثانية. لا يبدو أنّ هناك فائدة في هذا النوع من الأبحاث المسمّاة بالأبحاث الفرانكنشتاينية.

4- **يجب أن تنال أبحاث الخلايا الجذعية البالغة حصة أكبر من تمويل الهندسة الوراثية للتحقُّق من إمكانيتها للنجاح.** كما أنّ البرامج الجديدة التي تُبشِّر بنجاح عظيم، مثل العمل الذي تقوم به العالمة ترينا أرينزه، يجب أن تُتابع بحماسة[77].

5- **يجب التعريف بمحتوى الأغذية لجهة التعديل الوراثي في حال كونها كذلك.** ليست هذه عملية معقّدة جداً وينبغي تطبيقها فوراً. إذا كان الشعب الأميركي لا يريد أن يشتري أغذية معدّلة وراثياً، فيجب أن يُعطَى القدر الملائم من المعلومات الذي يمكّنه من القيام بذلك الخيار.

6- **يجب إجراء المزيد من الأبحاث حول التأثيرات بعيدة الأمد للأغذية المعدّلة وراثياً.** في حين أنّ الدليل الحالي يشير إلى أنّ الأغذية المعدّلة وراثياً لا تنطوي على خطر، إلا أننا لا نعرف حتى الآن تأثيرات الاستهلاك الطويل. ناقش العلماء لسنوات فوائد وأضرار قهوة الصباح المنشِّطة عديمة الأذى ظاهرياً. يبدو أنها مميتة، وصحية، وواقية من السرطان، ومُسبِّبة لاعتلال القلب في آن. إنّ القيام بالمزيد من الأبحاث حول الأغذية المعدّلة وراثياً هو أمرٌ في محلّه.

7- **يجب إجراء المزيد من الأبحاث حول الحيوانات المعدّلة وراثياً، مع الانتباه بشكلٍ خاص للأبعاد الأخلاقية لقضية الحيوانات المنتِجة للعقاقير.** إنّ إجراء التجارب على الحيوانات هو عنصر رئيسي في البحث الطبي وهو ليس موضع نقاش هنا. هو أمرٌ منطقي حتماً أن نختبر نتائج متنوّعة على الحيوانات وليس على البشر، ولكنّ ابتداع نوع حيواني كِمِّيري فقط لأننا نستطيع ذلك، أو ابتداع فئران بآذان بشرية فقط لنرى إن كنا نستطيع ذلك هو أمرٌ يدخل، على ما يبدو، في حقل يتطلّب المزيد من البحث حول أبعاده الأخلاقية قبل المتابعة دون تحقّق.

8- **إيقاف أية أبحاث كيميائية حيوية لأهداف الحرب.** لقد تمّ بالفعل حظر الحرب الكيميائية الحيوية منذ العام 1972، عندما وقّعت الولايات المتحدة معاهدة

الأسلحة البيولوجية. إنّ استعمالات الأسلحة الكيميائية الحيوية الآن عبر منهجيات (ميثودولوجيات) مُحدَثة بواسطة الهندسة الوراثية لا تختلف عن استعمال غاز الخردل أو أية مادة كيميائية أخرى لمهاجمة المقاتلين. حتى مثل هذه الكيماويات المطوّرة وراثياً بدرجة عالية والتي ستتيح إفناء تجمّعات بشرية مُستهدَفة تبدو مخالِفة لمعاهدة الأسلحة البيولوجية[78]. يجب حظر كلّ هذه الأبحاث، أو على الأقلّ إيقافها، إلى أن نتمكّن من فهم تأثيراتها طويلة الأمد بشكلٍ كامل. ظننّا، على سبيل المثال، أننا قد فهمنا تماماً استعمالات كلٍّ من القنبلة الذرّية والقنبلة الهيدروجينية في ختام الحرب العالمية الثانية. ولكن بالرغم من أنّ قنابل كهذه قد أنهت الحرب مع اليابان وأنقذت بكلّ تأكيد أرواح عشرات الآلاف (إن لم يكن الملايين) من الجنود الأميركيين، إلا أننا لم ندرك تماماً الضرر بعيد الأمد لهذه الأسلحة المميتة. وحالما فعلنا، اتّخذنا خطوات للقضاء على استعمالاتها كلّياً وطوّرنا قنابل ذكية أكثر فعّالية بكثير تستهدف مواقع العدوّ بينما تكون الأضرار البشرية الملازمة الناشئة عنها أقلّ ما يمكن. يجب تشجيع أبحاث كهذه بينما يجب إيقاف الحرب الكيميائية الحيوية، إن لم يكن حظرها كلّياً.

9- **يجب حظر كلّ الاستعمالات التحسينية والإنتقائية للهندسة الوراثية.** تخدم تكنولوجيات التحسين الوراثية فئات صغيرة موسرة فقط من الناس بينما تُغيِّر ما نعتبره بشرياً وطبيعياً على حدّ سواء. إنّ الإجراءات التحسينية لتحسين القدرات العقلية أو الجسدية، أو الاثنين معاً، لا تُحقِّق نفعاً لأحد وتهدّد الأجيال المستقبلية. كما أنها تهبط بكرامتنا البشرية إلى الحدّ الأدنى وتجعلنا "أدوات أدواتنا". يمكن بلوغ التحسين بشكلٍ جيد بما يكفي من خلال الوسائل قديمة الطراز مثل التمارين البدنية، والحمية، والدراسة. يمكن للجراحة السريعة أن تُحسِّن بسهولة قدرةً معيّنة بقدر ما يمكنها أن تدمّرها، سواء لدى الفرد الذي خضع لها أو لدى ذرّيته. إذا أمكن أخيراً إتقان التكنولوجيات التحسينية بطريقة ما، فيجب أن تُجعَل مُتاحةً مجاناً للجميع وليس فقط للموسرين.

10- **تأسيس هيئة خاصة أو وطنية لمراقبة الحدود الأخلاقية لأبحاث الخلايا الجذعية. يجب منح هذا الكيان القدرة والسلطة لإيقاف أو حظر أبحاث محدّدة تتجاوز حدود الكرامة البشرية**[79]. يجب أن تُمنَح وكالةٌ ما أو هيئةٌ منظّمة الحقَّ والسُّلطة لمراقبة الحدود الأخلاقية لكلّ أبحاث الخلايا الجذعية والحمض النووي المؤتلف، وأن تكون لديها القدرة على إيقاف أو حظر أيّ بحث يتجاوز

هذه الحدود[80]. سيكون الاستنساخ البشري، وإنتاج الحيوانات المعدّلة وراثياً من أجل أهداف تتجاوز ما يتطلّبه العلم الطبي، والأبحاث القاسية وغير المألوفة في استخفافها بالألم الحيواني وما شابه أهدافاً للمراقبة من قِبَل هذه الهيئة. بدون هيئة كتلك، ستستمرّ الأبحاث بكامل قوّتها، مُجبِرةً إيانا على إحداث الاستجابة الأخلاقية و/أو الأدبية بعد الواقعة وليس قبلها.

مُلحَق: وجهتا نظر متعارضتان

إنّ موضوعاً معقّداً مثل الهندسة الوراثية ليس له جانب "مؤيد/ معارض" بالطريقة نفسها التي يكون بها لمعظم المواضيع الخلافية جانبٌ كذاك. مع الهندسة الوراثية، الفارق دقيق لا يكاد يُدرك. فوجهات النظر تختلف في المدى الذي لا ينبغي للمرء تجاوزه في هذا الحقل المجهول، وليس في ما إذا كان هذا الحقل يستوجب متابعةً أم لا. المراسلان المستجيبان هنا هما ممثّلان لهذا. ففي حين أنّ كليهما يوافقان على أنّ الهندسة الوراثية هي شيء جيد إمكاناً، إلا أنهما يختلفان بشأن المدى الذي ينبغي لنا البقاء ضمنه في سعينا اللاهث وراءها.

ليس بيتر سينغر غريباً على الجدال، أو على موضوع الهندسة الوراثية. عمل السيد سينغر كبروفيسور للأخلاقيات الحيوية في مركز جامعة برينستون للقيم البشرية من عام 1994 إلى عام 2004. وتقلّد المنصب نفسه جزئياً في العام 2005، عاملاً في النصف الآخر من وقته كبروفيسور فخري في جامعة ملبورن في مركز الفلسفة التطبيقية والأخلاقيات العامّة. نشر السيد سينغر أكثر من أربعة وعشرين كتاباً، تُرجِم العديد منها إلى لغات متعدّدة، وأعداداً كبيرة من المقالات. أحدثُ كتاب له هو **دفاعاً عن الحيوانات: الموجة الثانية** (أكسفورد، 2005). ظهر السيد سينغر أيضاً في برامج تلفزيونية وإذاعية كثيرة، وقد أثارت وجهة نظره المعروفة التي تضع الحياة الحيوانية في موازاة بعض الحياة البشرية موجةً من الجدل والاستفزاز. تقدِّم مساهمته هنا، تحت عنوان "الهندسة الوراثية: نظرة عامة"، الحججَ من أجل التنظيم وبعض القيود الأدنى.

من سيكون أفضل للردّ على بروفيسور برينستوني من زميلٍ له برينستوني أيضاً؟ روبرت ب. جورج هو بروفيسور التشريع في جامعة برينستون ومدير برنامج جيمس ماديسون في المثاليات والأعراف الأميركية في برينستون. السيد جورج هو خبير في

التشريع والقانون الدستوري وقد كتب على نطاق واسع، ليس فقط حول مواضيع قانونية، بل أيضاً حول الأخلاقيات، والهندسة الوراثية، وقضايا ثقافية. وقد نال جائزة برادلي للإنجاز الفكري والمديني في العام 2005. تشمل كتبه: **دفاعاً عن القانون الطبيعي، وجعل الرجال أخلاقيين، والحرّيات المدنية والأخلاقية العامة، وتصادم المعتقدات التقليدية: القانون والدين والأخلاقية في أزمة**. وقد كتب أعداداً كبيرة من المقالات وظهر في برامج تلفزيونية وإذاعية كثيرة. وبالإضافة إلى كلّ هذا، يعمل السيد جورج أيضاً عضواً في مجلس الرئيس المعنيّ بالأخلاقيات الحيوية (انظر http:// www.biorthics.gov/). تُعتبَر مساهمة السيد جورج هنا، تحت عنوان "الهندسة الوراثية: مخاطر وإنذارات"، نظرةً مضادّة مثالية للنظرة العامة للسيد سينغر.

"الهندسة الوراثية: نظرة عامة"

بيتر سينغر

الهندسة الوراثية مصطلح واسع يتضمّن حشداً من النشاطات المختلفة. من شأن المناظرة حول الهندسة الوراثية أن تكون بالغة التناقض وغالباً ما يحلّ فنّ الجدل والمناظرة مكان الحجة والبرهان. هذا أمرٌ مؤسف، لأنّ الأسئلة التي تواجهنا اليوم في هذا الحقل ليس لها مكافئ في أيّ حقلٍ آخر لجهة أهميتها وانطوائها على تحدٍّ أخلاقي.

حتى الآن، فإنّ الاستعمال الأهمّ للهندسة الوراثية كان صنع نباتات معدّلة وراثياً للإنتاج التجاري. في العام 1996، بلغت مساحة الأراضي المزروعة بمحاصيل معدّلة وراثياً 4 ملايين أكر على مستوى العالم. وبعد ذلك بسبع سنوات، زادت تلك المساحة إلى 167 مليون أكر. وفي الولايات المتحدة اليوم، من الصعب جداً تجنُّب تناول بعض المنتجات المعدّلة وراثياً إلا إذا كان كلّ شيء تضعه في فمك مصدَّق عليه رسمياً بأنه عضوي.

أهمّ اعتراض أخلاقي على المحاصيل المعدّلة وراثياً هو أنّ التعديل الوراثي يمثّل شكلاً من العجرفة البشرية، والتلاعب بما لا يحقّ التلاعب به. يقول البعض إنه لا يجوز لنوعٍ أن يتلاعب بالطبيعة لنوعٍ آخر من خلال إقحام جين من سمكة، مثلاً، في نبتة لإحداث نوعٍ جديد كلّياً من النبات. والحجّة الرئيسية الثانية هي أنّ المحاصيل المعدّلة وراثياً تنطوي على خطر محتمل غير مقبول لإحداث ضرر بيئي غير قابل للعكس.

يمكـن للحجّـة الأولـى أن تتّخـذ أحد شـكلَين: دينـي أو لاديني. يتعلق الشـكل الأول بتجـاوز العلمـاء للحـدود والتلاعـب بمـا لا يحـقّ التلاعب به. ويتعلق الشـكل الثاني بالقيمة الجوهرية للطبيعة والاعتقاد بأننا يجب ألاّ نغيّرها. ومع ذلك، ليس من السهل أن نرى لماذا لا ينبغي لكلا شكلَي الحجّة، الديني واللاديني، أن يستثنيا أيضاً نـوع الاسـتيلاد الانتقائـي الذي حوّل، علـى مدى آلاف الأجيال، الحيوانات البرّية إلى الحيوانـات الداجنـة المألوفـة التـي هي لدينا اليوم. خلق الله دجاجة الأدغال البورمية، وحوّلناهـا إلـى دجاجـة ليغهـورن البيضـاء White Leghorn الحديثـة. هـل كان ذلك تجـاوزاً للحـدود وتلاعبـاً بمـا لا يحقّ التلاعب به؟ إذا كانت الذرة المعدّلة وراثياً غير طبيعيـة، فكذلـك هـو أيضـاً الديك الرومي ذو الصدر الكبير جداً حيث إنه لا يسـتطيع التزواج وليس بإمكانه أن يتناسل إلا من خلال الإمناء الاصطناعي بمساعدة الإنسان. لمـاذا ينبغـي لطريقـة مـا لتغيير النـوع أن تُعتبَر مُجاوِزةً للحدود ومضـادّة للطبيعة، ولا ينبغي ذلك لأخرى؟ هل حقيقة أنّ استيلاد مثل هذه الديوك الرومية قد تطلّب أجيالاً عديـدة تجعـل هـذه العملية طبيعية أكثر وبالتالي مقبولة؟ لماذا ينبغي لمرور الوقت أن يُحدِث أيّ فرق؟ اعتقد فيلسوف القرن التاسع عشر جون ستيوارت ميل أنّ الاحتكام إلى "الطبيعة" كان غالباً مصدراً "للذوق الخاطئ، والأخلاقية الخاطئة، وحتى القانون السيّئ"[1]. هذا التعميم يصحّ في هذه الحالة، على الأقلّ. ما لم نُذِر ظهورنا إلى تدجين الحيوانات والنباتات ونعود إلى كوننا صيادين حصّادين، فليس بإمكاننا أن نفكّر جدِّيا بأنّ التدخّل بطبيعة الأنواع هو أمرٌ خاطئ جوهرياً.

بالرغم من أنّ التدخّل بطبيعة الأنواع ليس أمراً خاطئاً في جوهره، إلا أنّ إدراكنا لحجم ما يجب علينا تعلُّمه بعد بشـأن العمليات الطبيعية (سـواء أكانت مسـألة خاصة بعلـم الوراثـة، أو بصحتنـا، أو بعلـم البيئة لكوكبنا) قد يجعلنا نظنّ على نحوٍ ملائم أنّ القيـام بتغييـرات سـريعة وجديدة في طبيعة الأنواع هـو أمرٌ محفوف بالمخاطر ومفتقر إلى الحكمة. يتعلق أحد الأخطار المحتمَلة بالبيئة. بالطبع، قد لا يكون هناك أيّ خطأ بتناول الأغذية المعدّلة وراثياً، ولكن هناك بالتأكيد بعض الأخطار البيئية الناجمة عن إمكانيـة انتقـال جينـات النباتـات المعدّلة وراثياً إلى الأصنـاف البرّية لنفس النبات. إنّ الإفشاءات المتكرّرة بشأن الإخفاقات التنظيمية في المحاصيل المعدّلة وراثياً لا تُعطي ثقـة كبيـرة بـأنّ الإجـراءات الوقائيـة الملائمة هـي في محلّها لمنع هـذا من الحدوث. وبالتالي، هناك قضية أخلاقية لتجنّب الأغذية المعدّلة وراثياً لأننا يجب ألاّ ندعم زرع

المحاصيل أو إطلاق الحيوانات إذا كان هناك احتمالٌ، ولو ضئيل جداً، بأنّ هذا يمكن أن يتسبّب بكارثة بيئية. إنّ تبنّي وجهة النظر هذه لا يعني أنه من الخطأ، مبدئياً، أن نعدّل أي كائن حي أو أنه لن تكون هناك في المستقبل كائنات حية معدّلة وراثياً يمكن أن تُثبت أنها غير منطوية على خطر وستجلب منافع كافية لتبرير الاستعمال التجاري. يجب لجهاز تنظيمي فعّال أن يعتبر كلّ حالة وفقاً للوقائع الموضوعية (من غير تأثّر بالعواطف الشخصية). ولكن بما أنّ الدول المتطوّرة تستطيع أن تُنتج وفرة من الغذاء بدون استعمال تقنيات التعديل الوراثي، فلسنا بحاجة للقيام بمخاطرات كبيرة لإنتاج المزيد من الغذاء. يمكن لموازنة التكاليف والفوائد أن تكون مختلفة بالنسبة إلى الدول النامية التي هي بحاجة أكبر لإنتاج المزيد من الغذاء.

يمكن استخدام المقاربة الأخلاقية العامة نفسها في ما يتعلق بالهندسة الوراثية في البشر. وهذا يعني أننا يجب ألاّ نرى الهبة الوراثية الحالية للجنس البشري بأنها لا تُمَسّ. إذا كان البشر يحملون أمراضاً وراثية، وباستطاعتنا أن نزيل هذه الأمراض بأمان من البركة الوراثية (دون أن تكون لإزالتها أية نتائج سلبية)، فسيكون من الخير فِعل ذلك. السؤال الصعب هو ما إذا كان بإمكاننا فعلاً أن نكون واثقين بما يكفي بأنّ إزالة جين معيّن لن تُسفر عن أية نتائج سلبية.

أمّا السؤال الأكثر إثارة للجدل والأكثر أهمية فلسفية هو ما إذا كان من الصواب أبداً تحسين الطبيعة البشرية وراء ما هو طبيعي. على سبيل المثال، بدلاً من مجرّد إزالة الجينات التي تسبِّب المرض أو الموت المبكر، يمكننا تحسين ذكاء الأجيال المستقبلية أو المدى الذي يُرجَّح أنها ستبلغه في تعاملها الإيثاري. مرةً أخرى، يجب ألاّ نعتقد أنّ هناك أيّ شيء خاطئ جوهرياً في التماس تحسين طبيعة البشر. تتعلق القضايا الهامة بنتائج أفعالنا. يخشى العديد من الناس سيطرة الدولة على الهبة الوراثية للأجيال المستقبلية. يمكن إزالة ذلك الخطر بترك هكذا خيارات للوالدَين. ومع ذلك، فإنّ فكرة قيام الوالدَين بخيارات غير منظّمة لذرّيتهما تستحضر جميع أنواع الصور المؤسفة، مثل جيل من الأطفال يشبهون نجوم البوب أو الأبطال الرياضيين.

وهكذا، فإنّ بعض التنظيم مطلوبٌ على ما يبدو. نحن بحاجة إلى التفكير بشأن نوع التنظيم الذي نريده. عندما نكتسب فهماً أفضل للجينات التي لها تأثيرٌ على صفات مثل الذكاء والقدرة الرياضية (اللذين يتأثّران بشدة أيضاً بالبيئة المحيطة)، ستبدأ العيادات على الأرجح بتقديم اختبار وراثي للأجنة قبل الزرع (الغرس) لأولئك الذين

تحتمل ميزانيتهم ذلك. سيعترض البعض على هذا لأنّ الأجنّة غير المرغوب فيها سيتمّ التخلّص منها. أنا لا أعترض على هذا، لأنني لا أعتقد أنّ جنيناً مبكراً إلى هذا الحدّ يمثِّل نوع الكيان الذي له الحقّ في الحياة أو المطالبة بالحماية. فمن أجل حقّ كهذا، لا بدّ أن تكون هناك درجة معيّنة من الوعي[2]. ولكن ثمّة شيء مثير للاعتراض بشأن مجتمع يسمح للأزواج الموسرين بانتقاء ميّزات لأطفالهم وراثياً بينما يعجز الفقراء عن فعل المثل. إذا كنا نقدِّر تكافؤ الفرَص، فلا يجب أن نسمح بحدوث هذا. ومع ذلك، يبدو غريباً أن نسمح للأزواج الأغنياء بإرسال أطفالهم إلى مدارس إعدادية غالية وفي الوقت نفسه نمنعهم من استعمال طرق أكثر فاعلية وأقلّ تكلفة لتحسين قدرات أطفالهم المدرسية. هناك حجّة قوية للقول إنّ الوصول إلى مثل هذه الأشكال من الانتقاء الوراثي يجب أن يكون متاحاً للجميع وليس لفئة دون أخرى.

إذا أصبح التحسين الوراثي البشري – سواء من خلال الانتقاء الوراثي أو من خلال التعديل الوراثي – ممكنَ التطبيق وشرعت بعض الدول في تطبيقه بنجاح، فسيكون من الصعب على أيّ أحد أن يرفضه. لن ترغب أية دولة في أن تصبح في موضع خلفي منعزل علمياً وتكنولوجياً بسبب رفضها تحسين قدرات أجيالها المستقبلية. قد يكون علينا أن نشقّ طريقنا إلى الأمام في هذه الأجمة الأخلاقية بالرغم من أننا لا نستطيع أن نعرف أين سنصل بالضبط. ولكنّ هذا ليس سبباً لليأس، بل هو سببٌ للتروّي من أجل أن نزيد إلى الحدّ الأقصى احتمالَ وصولنا إلى مكان أفضل من ذاك الذي كنا فيه عندما دخلنا الأجمة.

"الهندسة الوراثية: مخاطر وإنذارات"

روبرت ب. جورج

قد يحلّ اليوم الذي تُمكِّن فيه التكنولوجيا الحيوية الوالدَين من تصميم ذرّيتهما وفقاً لطلبهما، من خلال منابلة الجينات لإنتاج أطفال بالسِّمات "المتفوّقة" – القوة، الذكاء، الجمال، وغيرها – التي يرغبها الوالدان. ولكنّ ذلك اليوم لا يزال بعيداً جداً. فقد تبيّن أنّ العلاقة بين الجينات وخصائص مثل الذكاء والبراعة الرياضية معقّدة جداً إلى حدّ أنّ حلم أو كابوس "الأطفال المصمَّمين" قد لا يصبح حقيقة أبداً. لا يعني هذا أننا يجب ألاّ نقلق بشأن إمكانية تحقُّق فكرة كهذه. ولكن ليست هناك ضرورة في الوقت الحالي لإنفاق الكثير جداً من ميزانية قلقنا عليها. هناك أمور أكثر إلحاحاً بكثير لنقلق بشأنها اليوم في حقل التكنولوجيا الحيوية.

ومع ذلك، وقبل مناقشة هذه الأمور، يجب أن نتوقّف قليلاً للتفكير ملياً في الوعود التي حقّقتها أو ستحققها قريباً المعرفة الوراثية والتكنولوجيات الحيوية الناشئة عنها. إنّ الكثير من المعرفة الوراثية قد تولّد من بحثٍ هدَفَ إلى علاج الأمراض، وشفائها، وتخفيف المعاناة. وتمّ تطوير تكنولوجيات حيوية قيّمة بهدف إحداث تحسُّن في صحة الناس وحُسن حالهم. هذا شيء يستحقّ الإطراء.

وبالإضافة إلى ذلك، فإنّ المعرفة الوراثية، مثل المعرفة في حقول البحث الفكري الأخرى، قيّمةٌ جوهرياً. فحتى مع صرف النظر عن منفعتها في الطب، لا تزال هذه المعرفة مُرضية بشرياً، بل مُرضية بطريقة خاصة لأنّ الكثير من المعرفة الوراثية هي نوع من المعرفة الذاتية. إنّ التقدّم في علم الوراثة يساعدنا في أن نستكشف ونفهم بشكلٍ أتمّ أعظم الألغاز، ألا وهو لغز الإنسان نفسه. هذا التقدّم يستحقّ الإطراء أيضاً.

والآن، لنلتفت إلى المشاكل؛ المُلِحّة منها.

المشكلة الأولى هي أننا قد نُخِلّ، أو نزيد من إخلالنا، بمبدأ أنّ كلّ إنسان، بغضّ النظر عن العمر، أو الحجم، أو الحالة العقلية أو الجسدية، أو مرحلة النموّ، أو حالة التبعيّة، يمتلك قيمة متأصلة وكرامة وحقّاً في الحياة. بدأ مؤيّدو الأبحاث المشتملة على قتل بشر في المرحلة الجنينية من أجل البحث الطبي الحيوي باقتراح التضحية فقط بالأجنّة "الاحتياطية" المحفوظة بالتبريد في عيادات الإخصاب داخل الأنبوب IVF. وقد جادلوا بأنّ هؤلاء البشر المجهريين هم مرجّحون لأن يموتوا على أية حال، ولهذا، فإنّ لا شيء سيُفقَد (ولا خطأ سيُرتكَب) بقتلهم من أجل جمع الخلايا الجذعية. ومع ذلك، فإنّ العديد من هؤلاء الناس سرعان ما بدأوا يطالبون بالإنتاج الجُمَلي باستنساخ أجنّة بشرية لتُستعمَل بالضبط كمادة بحثية مُعدّة للطرح بعد الاستعمال. في الوقت الحالي، تُصرّ الغالبية على أنهم يرومون استعمال الأجنّة في مرحلة الكيسة الأريميّة (5-6 أيام) فقط، ولا يقترحون زرع وحمل أجنّة سيتمّ قتلها في مراحل نموّ لاحقة من أجل جمع الخلايا، أو الأنسجة، أو بُداءات الأعضاء. ولكن من المؤكّد أنّ هذا سيتغيّر. فبتخلِّيهم عن المعيار الأدبي المعارِض لانتزاع الحياة البشرية البريئة عمداً، سينجرف الكثيرون بمنطق موقفهم من وجهة النظر التي تفيد أنّ إنتاج البشر لقتلهم في المراحل الجنينية وحتى في المراحل الوليدية المبكرة (بعد الولادة مباشرة) هو أمرٌ مُبرَّر في قضية الطب التجديدي.

المشكلة الثانية وثيقة الصلة بالأولى، وهي أنّ العديد جداً من الناس بدأوا ينظرون

إلى الإنسال على أنه مماثل للتصنيع ولا ينظرون إلى الأطفال كنِعَم تتطلّب منا إعزازهم وحبّهم حتى عندما يكونون "غير كاملين"، بل كمنتجات يمكن أن تخضع بشكلٍ معقول لمقاييس التحكّم بالنوعية وأن تُطرَح أو تُقتَل في المراحل الجنينية وحتى في المراحل الوليدية المبكرة إذا لم تكن على مستوى المقاييس المطلوبة. إنّ التشخيص الوراثي قبل الغرس (PGD) للأجنّة في سياق التناسل المُعان أصبح يُمارِس على نطاق واسع بازدياد. وفي عيادات الإخصاب داخل الأنبوب في الولايات المتحدة، عادةً ما يفوق عدد الأجنّة المنتَجة عدد الأجنّة التي يمكن غرسها بأمان. وبالتالي، يفكّر الناس منطقياً، ما المانع من اختيار الأجنّة المرجّح أنها ستتمتّع بالصحة الأفضل؟ يُعتبَر البشر الجنينيون غير مستحقّين للحياة تقريباً، وأحياناً غير مستحقّين للحياة على الإطلاق، استناداً إلى "نوعيتهم". كما أنّ أخلاقية تحسين النسل المتضمَّنة في ممارسة التشخيص الوراثي قبل الغرس لا تقتصر على الاختيار من بين أجنّة للغرس. فالإجهاض لتحسين النسل - وحتى قتل المواليد، في بعض الحالات - يُعتبَر شرعياً تماماً من قِبَل العديدين في الولايات المتحدة وفي أمكنة أخرى. إذا أثبت التشخيص أنّ طفلاً في رحم أمه مُصابٌ بمتلازمة داون أو القزامة، فمن المرجّح أنه سيُجهَض. ويمكن لطفل حديث الولادة أن يُحرَم من جراحة بسيطة مُنقِذة للحياة وأن "يُترَك ليموت". لعلّ أولئك المسؤولين عن ذلك سيقولون لأنفسهم إنهم يقومون بذلك "لصالح الطفل". ولكنّ الحقيقة هي أنهم يعاملون الطفل المتخلّف عقلياً أو المعوّق كما لو كان "غير مستحقّ للحياة". ولا يفترضنّ أحدٌ أنّ قرارات كهذه، على قدر ما هي مروِّعة حتى عندما تُتّخذ من قِبَل الوالدَين، ستبقى مسألة "اختيار" حرّ. فالضغوط الاجتماعية على الوالدَين موجودة وستتعاظم ليُجنِّبا المجتمع أعباء العناية بالناس المتخلّفين عقلياً أو المعوّقين، وحتى أعباء مصادفتهم. قبل بضع سنوات، مُتصوِّراً مستقبلاً سيُصبح فيه التقصّي الجيني الروتينَ الذي هو اليوم، أعلن الاختصاصي في علم الوراثة، بنتلي غلاس، بمباهاة المنتصِر أنّ "لا والِد سيكون... له الحقّ في إرهاق المجتمع بطفل مشوّه أو غير كفؤ عقلياً".

شخّص اختصاصي الأخلاقيات الحيوية، ليون كاس، الوضع بتبصُّر. ففي خطاب له في متحف هولوكوست الأميركي، حذّر كاس:

إنّ الرؤية والممارسة المتعلّقتَين بتحسين النسل تكتسبان القوة، وهما تفعلان ذلك بسرعة أكثر من أيّ وقتٍ مضى لأنهما تغيبان عن النظر خلف ورقة التوت

لعقيدة الاختيار الحرّ. نحن غير مدركين إلى حدّ بعيد بأننا، كمجتمع، قد اعتنقنا مبدأ تحسين النسل الذي يفيد أنّ "المتخلّفين عقلياً أو جسدياً يجب ألاّ يُولَدوا"، لأننا جعلنا ممارساتنا لامركزية وهي لا تعمل بالإكراه بل بالاختيار التناسلي الخاص.

يجب أن يلاحظ المرء، بالطبع، أنّ العديد من الناس يستمرّون في مقاومة أخلاقية تحسين النسل ويكافحون لعكسها. ولكن بالرغم من التبجُّح (المسلّي أحياناً) لاختصاصيي تحسين النسل، إلا أنه لا يوجد سبب وجيه للاعتقاد أنها لا يمكن أن تُعكَس بدرجة ملحوظة. ومع ذلك، فإنّ تقييماً مُتّزناً للوضع يتطلّب منا أن نعترف بأنّ دعم قتل البشر في المراحل الجنينية والوليدية المبكرة من أجل تحسين النسل لم يعد موقفاً "ثانوياً"، وهو قوي بصورة خاصة في القطاعات الثقافية النخبة.

ميّزت المجموعات المكرّسة للدفاع عن كرامة وحقوق المعوّقين (حتى عندما لا تتّخذ موقفاً رسمياً حول أخلاقيات الإجهاض لتحسين النسل) النتائج الوخيمة لأخلاقية تحسين النسل للأشخاص الذين تدافع عنهم. وكما يعبّر عن ذلك الدكتور كاس: "إنّ الناس الذين لا يزالون يُولَدون بهذه الحالات، كونهم نجوا بطريقة أو بأخرى من شبكة الكشف المنتشرة والإجهاض لتحسين النسل، يُنظَر إليهم بازدياد على أنهم "أخطاء"، أو بشر أقلّ قيمة ما كان يجب أن يُولَدوا". أنتج هذا تحالفاً بين حركة معارضي إباحة الإجهاض ومؤيّدي العدالة للمعوّقين أو العاجزين في عدد من المجالات.

إنّ مجد تقليدنا السياسي هو توكيده على الكرامة الراسخة، والمتأصّلة، والمتساوية لجميع الناس. وتاريخ سياستنا وممارستنا الاجتماعية، وقانوننا واقتصادنا، وحتى طبّنا يمثّل في درجة كبيرة منه الصراع لتحقيق مطالب هذا التوكيد. ولكنّ المشكلة بالطبع هي أنّ المصلحة الشخصية الفردية وتلك الجماعية هما غالباً في حالة حرب معه. ففي كثير من الأحيان، سيكون لدى الناس دوافع قوية لاعتبار الآخرين أقلّ من بشر، أو للاعتقاد أنّ الجنس البشري يمكن أن يُقسَم إلى طبقات؛ أرفع وأدنى، "أشخاص" و"أشخاص أدنى" أو "لا أشخاص" من العائلة البشرية. كان هذا صحيحاً في أيام العبودية، وهو صحيح في عصر الإجهاض لتحسين النسل وقتل المواليد. يقول الناس أحياناً إنّ تحدّيات التكنولوجيا الحيوية ستتطلّب منا أن نبتدع مبادئ جديدة للأخلاقيات والسياسة. هذا صحيح، على الأقلّ عندما يتعلق الأمر بالأخطار المباشرة التي نواجهها. ما نحتاج إليه هو الإخلاص لمبادئ المساواة البشرية والكرامة التي نفعتنا دوماً عندما كان لدينا الثبات والحكمة لإجلالها.

المصـــادر

التمهيد

1. This can be arrived at by various means. I chose to do it as follows: I searched the Online Computer Library Center (OCLC) database for titles published between 1980 and 1995 and then searched it again from 1996–2005 (June). There is a nearly 20% jump in the past 9 years over the previous 15, indicating a fairly dramatic level of increased interest. It also spelled trouble for the researcher who hoped to read everything.

2. Rowan Hooper, "Genes Blamed for Fickle Female Orgasm," *New Scientist,* 8 June 2005 (accessed via www.newscientists.com/article.ns?id=dn7481, June, 2005). Apparently neither size nor anything else matters but genes.

3. Daniel E. Koshland Jr., "Sequences and Consequences of the Human Genome," *Science,* (13 October 1989) 246 (4927): 189. This was a much-talked-about editorial when it appeared. Koshland has backed a way from this now, allowing that personal choice may also factor into social problems.

4. For example, hypertension or high blood pressure. Although this is taken up again in Chapter 7, suffice it to say for now that while we know genes have much to due with hypertension, changing that one gene will do little if we cannot change the eating propensities of those same individuals.

5. See David Chazan, "Who Are the Raelians?" *BBC News,* Saturday, 28 December 2002 (accessed via news.bbc.co.uk/1/hi/health/2610795.stm, June, 2005). I take up this interesting group and their antics again in Chapter 5.

6. Scylla and Charybdis are two sea monsters from Greek mythology. In Homer's story (*The Odyssey*), these two beasts blocked Ulysses's attempt to get back home following his long trek in Troy. While Ulysses and his men escaped the efforts of Charybdis to drown them in a whirlpool, they could not avoid the many-headed beast, Scylla, who came out of nowhere and took six of his men. See www.2020site.org/ulysses/scylla.html for more (accessed June, 2005).

الفصل الأول

1. Brigette Nerlich, David D. Clarke, and Robert Dingwall, "Fictions, Fantasies, and Fears: The Literary Foundations of the Cloning Debate," *The Journal of Literary Semantics* 20, no. 1 (2001): 38. Emphasis added.

2. See David J. Skal's excellent *Screams of Reason: Mad Science and Modern Culture* (New York: W. W. Norton & Company, 1998), 21.

3. Richard Shattuck, *Forbidden Knowledge: From Prometheus to Pornography* (San Diego: Harcourt Brace, 1997). Shattuck's worry is about a different kind of knowledge, in this case the perverted knowledge of De Sade whose work occupies the first half of the book. The matter, however, is very much the same: there are those who seek knowledge solely on the basis that we can, at times, do a thing with-

out regard to what might be the eventual result. For Shattuck, there are things we can do that we should not, and there is a kind of knowledge that we can posses that we should most assuredly run from. In case readers have trouble thinking of examples in this latter context, ponder for a moment the so-called science that Nazi physicians attempted to collate before the end of World War II, in which they tortured Jews for no apparent reason other than to see what pain could be exacted. See Robert Jay Lifton's *The Nazi Doctors: Medical Killing and the Psychology of Genocide* (New York: Basic Books, 1986). Dante gets at this notion (more at knowing in general than knowing the forbidden) in his *Purgatorio: A Verse Translation,* trans. Jean & Robert Hollander (New York: Doubleday, 2003), 60, note 37. Hollander's note is illustrative here but grates on modern sensibilities. *Benvenuto da Imola* paraphrases Dante: *Sufficiat vobis credere quia sic est, et non quaerere propter quid est.* "Let it suffice you to believe that something is so, without seeking to know why it is so." Could it be that our desire to know may blind knowers to potential bad outcomes?

4. While it's true this movie has been remade, the original 1958 version focuses on an invasion by the result of some scientific experiment gone horribly awry.

5. Quoted in David Skal, 34. I have relied on Skal's account but there are many in any number of literary histories.

6. Skal, 69.

7. Nerlich, 44.

8. Skal, 68.

9. Robert Louis Stevenson, *The Strange Case of Dr. Jekyll and Mr. Hyde and Other Famous Tales* (New York: Dodd, Mead & Co., 1961), 6. Also quoted in Skal, 69.

10. Skal, 103.

11. Ibid.

12. See Peter Dans's *Doctors in the Movies: Boil the Water and Just Say Aah* (Bloomington, IL: Medi-Ed Press, 2000), 3.

13. Ibid., 35.

14. Ibid., 99, 107.

15. Skal mentions *The Man Who Killed Death, The Head* (1959) and one of my all-time favorites, *The Brain That Wouldn't Die* (1962), in which the very comely but fierce Virginia Leith's head alone (drat) lives in a petri dish for the duration of the movie.

16. Quoted in Charles Weiner, "Drawing the Line in Genetic Engineering: Self-Regulation and Public Participation," *Perspectives in Biology and Medicine* 44, no. 2 (Spring 2001):208 (accessed via *InfoTrac, Expanded Academic ASAP Plus,* August, 2004.)

17. Ibid.

18. Zac Goldsmith, "Who Are the Real Terrorists?" *The Ecologist* 28, no. 5 (September-October 1998): 312 (accessed via *InfoTrac, Expanded Academic ASAP Plus,* August, 2004.)

19. Ibid.

20. Ibid.

21. Kurt Bayertz, *GenEthics' Technological Intervention in Human Reproduction as a Philosophical Problem* (New York: Cambridge University Press, 1987), 77 (accessed via *InfoTrac, Expanded Academic ASAP Plus*, August, 2004.)

22. For this view, namely, that Europeans are more skittish than Americans about the prospects of genetic engineering, see Isaac Rabino, "The Biotech Future." *American Scientist* 86, no. 2 (March–April 1998): 110–113 (accessed via *InfoTrac, Expanded Academic ASAP Plus*, August, 2004).

23. Ibid., 110.

24. *Wellcome Trust Report* (1998) "Public Perspectives on Human Cloning," *Medicine in Society Programme*, online PDF at ag:www.wellcome.ac.uk. 6.2 (accessed August, 2004). Also quoted in Nerlich, 44.

25. Alan L. Otten, "In Poll About Genes, Most Say That Ends Often Justify Means," *Wall Street Journal* (May 28, 1987): 34 col. 2.

26. 2003 Roper Center at the University of Connecticut Public Opinion Online. The question was, "I'm going to describe a few of these developments (in science and medicine) that have been in the news and would like you to tell me how much you have heard or read about each of them ... Genetic engineering, a technique to change DNA or the building block of life, in order to produce particular characteristics ... How much have you heard or read about this—a great deal, something but not very much, or nothing at all?" (accessed via *LexisNexis Academic*, October, 2004).

27. Ibid. All of the polling data in the next paragraphs are from this source unless otherwise noted. For clarity, questions are noted here if pertinent.

28. This question comes from a 1986 Louis Harris and Associates Poll but is found at the same source listed above.

29. While we cannot know and it would be wrong to speculate, it would be interesting to know if any of this 11 percent are scientists, or work in the area of biotechnology, or stand to gain by unhindered biotechnology.

30. This question and the next three are found in the same online source listed in Note 30, but come from a question asked by Princeton Survey Associates in 2002.

31. We will address this again in Chapter 4. For now, superweeds are weeds that, owing to crosspollination with genetically modified plants, grow in the wild and are impossible, or nearly impossible, to kill. This question and the ones below are from a nationwide Zogby International Poll of American adults in January, 2002. The information is found at the same online sources as listed in Note 30.

32. Louis Harris Poll, October, 1986, found in the same online source listed in Note 30.

33. See, for example, Keith Schneider, "Public of 2 Minds on Genetic Shifts," *New York Times*, May 31, 1987 (Late City Final Edition), sec. 1, part 1, page 21, col. 1.

34. Alexander Gorke and Georg Ruhrmann, "Public Communication between Facts and Fictions: On the Construction of Genetic Risk," *Public Understanding of Science* 12, no. 3 (2003): 229.

الفصل الثاني

1. See C. S. Lewis, *Allegory of Love: A Study in Medieval Literature* (New York: Oxford University Press, 1958). *Sic passim*, but especially 3–43. Also, *An Experiment in Criticism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1961), 43–44 specifically, but all of Chapter 5, "On Myth," is pertinent here.

2. I have taken the telling of this myth from *The Metamorphoses of Ovid*, trans. Mary M. Innes. Harmondsworth, Middlesex, England: Penguin Books Inc., 1955, 184–185.

3. The emphasis is my own, though the words are from Ovid.

4. The original story has it as a vase, not a box. However, owing to the Dutch author Erasmus's use of a box in 1508, it has been a box ever since.

5. This is a rare genetic disorder caused by a deficiency of an enzyme (hypoxanthine-guanine-phosphoribosyltransferase), mercifully HPRT for short. Shortly after birth (3–6 months) Lesch-Nyhan Syndrome is characterized by self-mutilation (lip and finger biting, head-banging). The high levels of uric acid caused by this defect later attack joints, heart, kidneys, and more, often with compulsive behaviors. Moderate mental retardation occurs. There is no treatment and death generally occurs before the onset of puberty. For more, see www.ninds.nih.gov/disorders/lesch_nyhan/lesch_nyhan.htm (accessed December, 2004).

6. Our use of the word is attributed to William Bateson (1861–1926), dubbed "the apostle of Mendelism in England." See Peter R. Wheale and Ruth M. McNally, *Genetic Engineering: Catastrophe or Utopia?* (New York: St. Martin's Press, 1988), 3–4.

7. William Shakespeare, *Titus Andronicus*, Act V, Scene 1, lines 27–32. The last two are also quoted in British Medical Association, *Our Genetic Future: The Science and Ethics of Genetic Technology* (Oxford: Oxford University Press, 1992), 6.

8. D. S. Halacy Jr., *Genetic Revolution: Shaping Life for Tomorrow* (New York: Harper & Row, 1974), 9.

9. This and the next word are from the *Oxford English Dictionary*.

10. Nathaniel C. Comfort, "Are Genes Real?" *Natural History* 110, no. 5, June, 2001, (accessed via Thomson Gale's Infotrac, December, 2004).

11. Unless otherwise noted, biographical data about Mendel comes from V. Kruta and V. Orel, "Johann Gregor Mendel," in *Dictionary of Scientific Biography*, ed. Charles Coulston Gillispie, vol. 9, A. T. Macrobius—K. F. Naumann (New York: Charles Scribner's Sons, 1974), 277–283. See also Colin Tudge, *The Engineer in the Garden: Genes and Genetics: From the Idea of Heredity to the Creation of Life* (New York: Hill and Wang, 1993), 10–55.

12. Leeuwenhoek (pronounced lay-wen-hook) invented as many as 500 microscopes, discovered bacteria, viewed animal sperm for the first time, and really made visible the world of life beyond our mere eyes. See, for example, an encyclopedia entry or www.umcp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html (accessed December, 2004).

13. Mae-Wan Ho, *Genetic Engineering: Dream or Nightmare?* (New York: Continuum, 2000), 75.

14. Marc Lappé, *Genetic Politics: The Limits of Biological Control* (New York: Simon and Schuster, 1979), 12–13.

15. Keekok Lee, *Philosophy and Revolutions in Genetics: Deep Science and Deep Technology* (New York: Macmillan, 2003), 2.

16. William Bains, *Genetic Engineering for Almost Everybody* (New York: Penguin Books, 1987), 10–11.

17. The table is a derivation from Karl A. Drlica, *Double-Edged Sword: The Promises and Risks of the Genetic Revolution* (Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Helix Books, 1994), 5. Most introductory texts to genetics will have a similar representation. See also William H. Sofer, *Introduction to Genetic Engineering* (Boston: Butterworth-Heinemann, 1991), chapters 3 and 4.

18. Suzuki and Knudston, *GenEthics*, 34.

19. Ho, *Genetic Engineering*, 72.

20. R. Cole-Turner, *The New Genesis: Theology and the Genetic Revolution* (Louisville, KY: Westminster/John Knox Press, 1993), 13.

21. Edward I. Alcamo, *DNA Technology: The Awesome Skill* (New York: Harcourt Press, 2001), 6.

22. Ibid., 73. See also British Medical Association citation in Note 10, 12–13.

23. Halacy, 13, raises this point.

24. David Fairbanks and Bruce Rytting, "Mendelian Controversies: A Botanical and Historical Review." *American Journal of Botany* 88, no. 5 (May, 2001): 737–752, especially pages 738, 743–745.

25. P. R. Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 16.

26. Factual information, which follows, is from Christopher Wills, *The Wisdom of the Genes: New Pathways in Evolution* (New York: Basic Books, Inc., 1989), 22–23. See also Elizabeth Marshall, *High-Tech Harvest: A Look at Genetically Engineered Foods* (New York: Franklin Watts, 1999), 26–45, for a very compelling, easy-to-understand discussion of this very technical process.

27. The figure is mentioned here parenthetically but is important because it is far below the 100,000 to 150,000 originally predicted by the Human Genome Project, about which see Chapter 6.

28. Comfort, 30. The work was done by French geneticists François Jacob and Jacques Monod.

29. Alcamo, 9.

30. Wheale and McNally, 4.

31. Alcamo, 9.

32. Quoted in Lee, 124.

33. Levine and Suzuki, 16.

34. British Medical Association, *Our Genetic Future: The Science and Ethics of*

35. Levine and Suzuki, 16.

36. See www.time.com/time/time100/scientist/profile/watsoncrick.html (accessed December 2004).

37. F. Crick and J. Watson, "A Structure for Deoxyribose Acid (D.N.A.)." *Nature* 25 April 1953. Available at www.dna50.org/main.htm (accessed December, 2004).

38. Levin and Suzuki, 16–18. What follows relies heavily on these pages unless otherwise indicated. Of course, DNA has a good deal of help, too. See Finn Bowring, *Science, Seeds and Cyborgs: Biotechnology and the Appropriation of Life* (New York: Verso, 2003), 32–34; G.J.V. Nossal and Ross L. Coppel, *Reshaping Life: Key Issues in Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 2002), 18–30; and Sandy Bornstein and Jerry Bornstein, *New Frontiers in Genetics* (New York: Julian Messner, 1984), 42–73.

39. French Anderson, "Genetic Therapy." In *The New Genetics and the Future of Man*, ed. Michael P. Hamilton. Grand Rapids, MI: William B. Eerdmans, 1972, 111.

40. See J. Watson, *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Atheneum, 1968). Indeed, so brazen was the Nobel Prize winner's minimization of Franklin's role, even after admitting his ignorance of the x-ray crystallography that set him on the right track, that Harvard University Press refused his manuscript. The accepting publisher required an epilogue that essentially said he had understated Franklin's role and that she was, in fact, far more pivotal. See *The Double Helix* and also www.brown.edu/Courses?BI0020_Miller/dh/guide.html (accessed December, 2004). Nobel Prize winner Linus Pauling's work with alpha-helix for proteins was also quite helpful.

41. That the function of genes is to direct the production of enzymes and other proteins was verified in 1941 (a little more than a decade before Watson and Crick's famous paper) by Stanford geneticist G. W. Beadle and biochemist E. L. Tatum, both Nobel Prize winners, 1958. See Lyon and Gorner, 41.

42. Watson and Crick, 3.

43. This example comes from Lee M. Silver, *Remaking Eden: How Genetic Engineering and Cloning Will Transform the American Family* (New York: Avon Books, 1998), 30. See also Michael J. Reiss and Roger Straughan, *Improving Nature? The Science and Ethics of Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 14–15.

44. Stefan-M. Puslt, *Neurogenetics* (New York: Oxford University Press, 2000), vii. These can come from either the mother or father, of course.

45. J. Etienne-Decant, *Genetic Biochemistry: From Gene to Protein* (New York: John Wiley & Sons, 1998), 146.

46. This portion of the discussion relies, among other sources, most heavily on P. Schimmel and H. E. Wendler, "Genetic Code," in *McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology*, 9th ed., vol. 7, New York: McGraw-Hill, 2002, 787–790. See also Richard J. Reece, *Analysis of Genes and Genomes* (West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2004), 1–10.

47. Helen Kreuzer and Adrianne Massey, *Recombinant DNA and Biotechnology:*

A Guide for Students (Washington: ASM Press, 2001), 79.

48. The example is from Dean Hamer, *The God Gene: How Faith Is Hardwired into Our Genes* (New York: Doubleday, 2004), 57.

49. Ibid., 80.

50. Alcamo, 109.

51. See Bains, 68–69, for another similar example.

52. Michael R. Lentz, "DNA Replication." In *Encyclopedia of Genetics: Aggression–Heredity–Environment,* ed. Jeffrey A. Knight. Vol. 1. Pasadena, CA: Salem Press, 1999, 161.

53. Alcamo, 54–63.

54. I have closely followed Walker and McKay, 14–22. I have greatly simplified even their simplification for our purposes. Readers seeking more in-depth information can see Alcamo and others cited.

55. For more on this process and the triplets, see British Medical Association, 32–35. The Lamarck reference in the next sentence is found on page 19.

56. Alcamo, 48, and also the next sentence.

57. Jeremy Cherfas, *Man-Made Life* (New York: Pantheon Books, 1989), 48.

58. Kreuzer and Massey, 84.

59. Ibid., 63, for this and the next three facts.

60. Comfort, 31.

61. Lyon and Gorner, 13.

62. Wheale and McNally, 10, for this and the fact in this sentence and the next.

63. British Medical Association, 31. Alcamo also notes these and others in his second chapter.

64. Hamer, 58.

65. Consider, for example, the drug protocol that relied only upon an Internet search. The drug protocol was used and resulted in the death of a young woman who volunteered for the trials. A review of the literature discovered that a search that included both the web and conventional digging in paper indexes would have turned up at least two papers warning that the then-used protocol combination can result in respiratory failure in some individuals, yielding the certain fact that the Internet is no substitute for a library or hard work.

66. Richard Monastersky, "51 Years Later, Influential DNA Manuscript to Be Published." *Chronicle of Higher Education* 50, no. 32 at http://chronicel.com/weekly/v50/i32/32a01801.htm (accessed November, 2004). See also the Watson and Crick paper in *Nature,* cited in note 32 above.

67. For a clear-headed discussion of how this works, see John M. Sedivy and Alexander L. Joyner, *Gene Targeting* (New York: W. H. Freeman and Co., 1992), 17–20. This will be addressed again in the next chapter.

68. To be fair, McClintock did consider these to be genes but chromosomal elements. James Shapiro and Sankhar Adhya discovered that certain bacteria DNA cut themselves out and inserted themselves in two different places, confirming McClintock's work. See Comfort, 30.

69. Barbara Wexler, *Genetics and Genetic Engineering* (New York: Thomson Gale, 2004), 8–9. Alcamo's book, cited above, may be the best historical guide to use to come to understand the very many men and women whose work remains unnoted but still ranks as seminal in this study.

70. The specific examples are from Jon Gordon, *The Science and Ethics of Engineering the Human Germ Line* (New York: Wiley-Liss, 2003), 22.

71. Kreuzer and Massey, 134. There are many places to find similar definitions. I chose this one for no particular reason.

72. See Lee, 6, where he uses the example of a silk rose.

73. See www.c-fam.org/FAX/Volume_3/fav3n32.html (accessed December, 2004).

74. Wheale and McNally, 41.

75. Rick J. Carlson and Gary Stimeling, *The Terrible Gift: The Brave New World of Genetic Medicine* (New York: Public Affairs, 2002), 12.

76. Alcamo, 225.

77. Quoted in Reiss and Straughan, 61.

78. All of the facts in this and the preceding two paragraphs are from "Double Lives." *U.S. News & World Report* 136, no. 7 (February 23, 2004): 40–41, *InfoTrac Expanded Academic ASAP* (accessed December, 2004).

79. Diane B. Paul, *Controlling Human Heredity* (Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1995), 64.

80. Allen Buchanan, et al., *From Chance to Choice: Genetics and Justice* (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), 27.

81. Quoted in Kurt Bayertz, *GenEthics: Technological Improvements in Human Reproduction as a Philosophical Problem* (New York: Cambridge University Press, 1987), 33. The ensuing section is most interesting.

82. Quoted in Paul, 65.

83. Ibid., 76. The next sentence is also quoted in Paul, 177.

84. These are the words of Charles Davenport, social Darwinist. Quoted in Buchanan, 44. Uncannily, I heard not long ago a very similar argument made about the hopelessly ill. An infant male born with only a part of his heart was undergoing surgery. A middle-aged man lamented all the money being spent and for what—a postponed but still premature death that will cause insurance rates to skyrocket. It did not seem ironic to him that he had just undergone a serious medical procedure that had saved his life. While outside the scope of this book, preachers who shouted the clarion call to a better, purer race in God's name are fully vindicated in Christine Rosen, *Preaching Eugenics: Religious Leaders and the American Eugenics Movement* (New York: Oxford University Press, 2004).

85. Buchanan, et al., 33, also makes this point.

86. Daniel J. Kevles, *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995), 299–301.

ogy." In *Private Science: Biotechnology and the Rise of Molecular Sciences,* ed. Arnold Thackray. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1998, 22. It did not help matters that John D. Rockefeller was himself anti-Semitic. See Ron Chernow, *Titan: The Life of John D. Rockefeller, Sr.* (New York: Random House, 1998).

88. Paul, 30–31. In fact, it was Galton who coined the term "eugenics," calling it "good in birth" and used it to establish "selective breeding" or breeding on those with "good stock."

89. Galton quoted in Kevles, 14.

90. Ibid., 80–84.

91. Mark Y. Herring, *Pro-Life, Pro-Choice Debate* (New York: Greenwood Press, 2003), 53–56. For a positive spin, see www.plannedparenthood.org/about/thisispp/sanger.html. For a less positive spin see www.spectator.org/dsp_article.asp?art_id=6738 (both accessed January, 2005).

92. Kevles, 47.

93. Ibid., 49, for Juke. For Kalliak, 52.

94. George P. Smith, II, *The New Biology: Law, Ethics and Biotechnology* (New York: Plenum Press, 1989), 90.

95. Paul, 11; Chesterton and Kevles Prussianism, 120. Chesterton collected his criticism in a book of essays called *Eugenics and Other Evils.* He warned that this meant, as Kevles points out, "forcible marriage by the police." Chesterton, while always entertaining, was nearly always right.

96. Paul, 14–15.

97. Jane Maienschein, *Whose View of Life? Embryos, Cloning and Stem Cells* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2003), 104.

98. The story is taken nearly verbatim from Philip R. Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 303–304.

99. Maienschein, 105.

100. Quoted in Bayertz, 59.

101. Jeremy Rifkin, *Declaration of a Heretic* (Boston: Routledge & Kegan Paul, 1985), 61–62.

102. This very point is made by Laurence E. Karp, *Genetic Engineering: Threat or Promise?* (Chicago: Nelson-Hall, 1976), 49. This same point is made in a political context by the great social philosopher Nicholas Berdyaev.

103. Gregory Stock, *Redesigning Humans: Choosing Our Genes, Changing Our Future* (New York: First Marnier Books, 2003), 176–201.

104. This is not mere speculation. See Ronald M. Green, "I, Clone" in *Understanding Cloning,* ed. Sandy Fritz. New York: Scientific American, 2002, 92–93.

الفصل الثالث

1. See Leon Kass. "Freedom, Coercion and Asexual Reproduction." In *Freedom, Coercion, and the Life Sciences,* ed. D. Callahan and L. Kass, The Hastings Center, n.p., n.d.

2. Aldous Huxley, *Brave New World* (New York: Bantam Books, 1962), 2–3. Huxley's book appeared in 1939. The great upsurge in research into the structure of and understanding the genetic nature of microorganisms did not occur until the 1940s. If all this were not enough, Huxley invented a new drug for his "slaves" in the *Brave New World* that would make them docile. The drug he invented was called "Soma" (meaning body, of course). The *Physician's Desk Reference* (PRR), the Bible for physicians when prescribing medicine, listed just such a drug at one time. See also Joseph Fletcher, *The Ethics of Genetic Control: Ending Reproductive Roulette* (Buffalo, New York: Prometheus Books, 1988), 190.

3. C. S. Lewis, *The Abolition of Man* (New York: Collier-Macmillan, 1965), 70–71.

4. V. Sgaramella and A. Bernardi, "DNA Cloning." In *Encyclopedia of Genetics,* eds. Sydney Brenner and Jeffrey H. Miller, Vol. 1, A–D, San Diego: Academic Press, 2002, 544.

5. Burke K. Zimmerman, *Biofuture: Confronting the Genetic Era* (New York: Plenum Press, 1984), 24. See also John Lear, *Recombinant DNA: The Untold Story* (New York: Crown Publishers, 1978), 10–11.

6. While other sources are cited, one should not miss Karl Drlica, *Understanding DNA and Gene Cloning* (New York: John Wiley and Sons, Inc., 1997) or his *Double-Edged Sword* (New York: Addison-Wesley, 1994). The first book covers the gamut of the discussion about the process of gene splicing and cloning, as well as applications of same. The second updates the first and expands the discussion of the pros and cons concerning genetic engineering.

7. Sgaramella and Bernardi, 545.

8. D. Carroll. "Recombinant DNA." In *Encyclopedia of Genetics,* eds. Sydney Brenner and Jeffrey H. Miller, Vol. 3, M–R. San Diego: Academic Press, 2002, 1637.

9. For Alcamo Berg, 90; for Boyer and Cohen, "The Birth of Biotech." *Technology Review* 103, no. 4 (July 2000): 120 (accessed via *Infotrac Expanded Academic ASAP Plus,* September, 2004). Boyer and Cohen were rewarded quite nicely with patents worth more than $250 million before the patent ran out in 1997. Boyer later began with Robert Swanson of Genentech, about which more at the end of this chapter.

10. Carl L. Bankston, III. "Genetic Engineering: Social and Ethical Issues." In *Encyclopedia of Genetics,* ed. Jeffrey A. Knight, Vol. 1. Pasadena, CA: Salem Press), 1999, 262. The idea of restriction enzymes as cutting tools is so firmly set that some illustrations (for laypersons and would-be geneticists) show very tiny pairs of scissors cutting the DNA sequence. See Sandy Primose, Richard Twyman, and Bob Old, *Principles of Gene Manipulation,* 6th ed. (Malden, MA: Blackwell, Science), 28.

11. S. Steven Potter. "Recombinant DNA Methods." In *Recombinant DNA Research in the Human Prospect*, ed. Earl D. Hanson, Washington, DC: American Chemical Society, 1983, 22. Of course, like all analogies, this fails, too, because it implies that what one begins with is not good or not good enough. This may or may not be true, depending on what's being done.

12. Stuart Newman. "The Next Four Years, The Biotech Agenda, The Human Future: What Direction for Liberals and Progressives." December 9, 2004; http:www.genetics-and-society.org/events/20041209_postelections/newman.html (accessed March, 2005); www.lifesciencenetwork.com/news-detail.asp?newsID=460 (accessed March, 2005). Scientists are at pains to contest, as in this citation, that the child-like ear was not really human but was seeded and attached.

13. Sgarmella and Bernardi, 546.

14. Jeremy Cherfas, *Man-Made Life* (New York: Pantheon Books, 1982), 75; Alcamo, 76.

15. Craig S. Laufer. "Cloning Vectors." In *Encyclopedia of Genetics*, ed. Jeffrey A. Knight, Vol. 1: Pasadena, CA: Salem Press, 1999, 118–119; Alcamo, 98.

16. Ellen G. Strauss and James H. Strauss. "Eukaroytic RNA Viruses: A Variant Genetic System." In *Exploring Genetic Mechanisms*, ed. Maxine Singer and Paul Berg. Sausalito, CA: University Science Books, 1997, 121–125.

17. Primrose, Twyman, and Old, 38; John Lear, *Recombinant DNA: The Untold Story* (New York: Crown Publishers, Inc. 1978), 22–24.

18. Zimmerman, 46–47.

19. Also quoted in Mike May, "Mother Nature's Way." In *Understanding Cloning*, ed. Sandy Fritz, New York: Scientific American, 2002, 69.

20. James F. Shepard. "The Regeneration of Potato Plants from Leaf-Cell Protoplasts." In *Understanding Cloning*, ed. Sandy Fritz, New York: Scientific American, 2002, 8.

21. Robert P. Lanza et al. "Cloning Noah's Ark." In *Understanding Cloning*, ed. Sandy Fritz, New York: Scientific American, 2002, 24–25.

22. Zimmerman, 25; Lear, 150.

23. Sheldon Krimsky, *Genetic Alchemy: The Social History of the Recombinant DNA Controversy*. (Cambridge, MA: MIT Press, 1982), 13.

24. Zimmerman, 45.

25. Lear, 70.

26. Ibid., 151ff. I have followed Lear here unless otherwise noted. The story appears in many texts on genetic engineering.

27. Lear, 34. This is sometimes referred to as "Adeno-SV40 nondefectives."

28. Krimsky, 58.

29. Lear, 23.

30. Krimsky, 39.

31. Lear, 24.

32. I have followed Lear's account here very closely.

33. It was doubtless long overdue. See Nicholas Wade, *The Ultimate Experiment: Man-Made Evolution* (New York: Walter and Company, 1977), especially chapter 4, "The Origins of the Moratorium."

34. Lear, 103.

35. Christopher Lampton, *DNA and the Creation of New Life* (New York: ARCO Publishing, 1983), 50–60. This book provides a good over view of the debate, Asilomar, and more.

36. There were actually two Asilomar Conferences, one in 1973 and this one. The 1975 Conference is the one most often referred to because of the subsequent NIH guidelines. That Berg played a pivotal role in the 1973 conference made him a logical pick to oversee the 1975 event. See Krimsky, 58–69. See also, Wade, Chapter 5, "The Conference at Asilomar."

37. The "NIH Guidelines" were the eventual product of Donald S. Fredrickson. Fredrickson found himself in the midst of one of the most controversial times that the once sleepy NIH had ever seen. The "Guidelines" have, of course, evolved over the years. For history pertinent to the Asilomar discussion, see http://profiles.nlm.nih.gov/FF/Exhibit/narrative/rdna.html (accessed September, 2005).

38. Wade, Chapter 5, "The Conference at Asilomar."

39. Krimsky, 64.

40. Indeed, so concerned was Watson at one point that it is said he threatened a court injunction against a Harvard colleague. Watson's later views on this topic would certainly change to a much more accommodating view. Krimsky, 81.

41. Perhaps J. Lyon and P. Gorner in *Altered Fates: Gene Therapy and the Retooling of Human Life* (New York: W. W. Norton & Company, 1995), 50–52 tell this story best.

42. For a good discussion about the strengths and weakness of the NIH guidelines see Steve Olson, *Biotechnology: An Industry Comes of Age* (Washington, DC: National Academy Press, 1986), 69ff.

43. Lyon and Gorner, 145.

44. Ibid., 161.

45. In the case of fiction over fact, there is David M. Rorvik's *In His Image* (Philadelphia: J. B. Lippincott, 1978). Rorvik argued that he had assisted in the cloning of a human being, presented it as fact, cited the foremost authorities in the field, and collected the rewards of royalties. The book was a fake. When this was discovered, Rorvik said he had wanted to blur the distinction between fact and fiction to provoke public discussion. The story is retold more completely in Jon Tuney, *Frankenstein's Footsteps: Science, Genetics, and Popular Culture* (New Haven, CT: Yale University Press, 1998), 211.

46. The story is told in Lear, 166–171.

47. Interviews conducted in December, 2004.

48. Krimsky, 88.

49. Ibid., 242. This paragraph relies heavily on Krimsky, 242–246.

50. The NIH guidelines were salvaged, of course, and Senator Walter Mondale's recommendation for a National Advisory Commission on the Health Sciences and Society a few years later helped placate both sides. See also Fletcher, 25.

51. Genentech was the first corporation to produce genetic engineering technology for commercial purposes. It will certainly not be the last. See Bankston, 262–263.

52. This should not sound more (or less) ominous than it is. All of the developed countries that are doing research in this area have some form of legislative control over it. Whether it is enough is the subject of controversy. See Simon R. Warne, "The Safety of Work with Genetically Modified Viruses," in *Genetically Engineered Viruses,* ed. Christopher J. A. Ring and Edward D. Blair, New York: Bios Scientific Publications Ltd., 2001, 268ff. For a table of legislation by country, see Deryck Beyleveld and Shaun Pattison, "Legal Regulation of Assisted Procreation, Genetic Diagnosis, and Gene Therapy," in *The Ethics of Genetics in Human Procreation,* ed. Hille Haker and Deryck Beyleveld, Burlington, VT: Ashgate, 2000, 230–233. See also Harold Schmeck, Jr., "Recombinant DNA Controversy: The Right to Know—And to Worry," in *The Gene-Splicing Wars,* ed. Raymond A. Zilinskas and Burke K. Zimmerman, New York: Macmillan Publishing Co., 1986, 93–108 for some hair-raising concerns.

53. The agreed-upon date for the beginning of gene therapy commenced in 1980.

54. United States House of Representatives. *Biotechnology and the Ethics of Cloning: How Far Should We Go? Hearing before the Committee on Science Subcommittee on Technology.* 105th Congress, 1st Session, March 5, 1997. Washington, DC: Government Printing Office, 1997, 2.

55. Suzuki and Knudtson, 193–206.

56. United States House of Representatives, 5.

57. Bernard. D. Davis. "Limits to Genetic Intervention in Humans: Somatic and Germline." In *Human Genetic Information: Science, Law and Ethics,* Ciba Foundation Symposium 149, New York: John Wiley & Sons, 1990, 81. See also French Anderson, "Uses and Abuses of Human Gene Therapy," in *Genetics and Society,* ed. Penelope Barker, New York: H. W. Wilson Co., 1995, 113.

58. May, 76.

59. Ibid.

60. See the tragic story of one scientist's pursuit of Lou Gehrig's disease (ALS) and its unhappy outcome in Jonathan Weiner *His Brother's Keeper,* New York: HarperCollins, 2004. With gene therapy 20 years old when the pursuit began in 2000, it ended in very nearly the same place three year's later with the death of the scientist's brother.

61. The full story is told in Glenn McGee, *Beyond Genetics: Putting the Power of DNA to Work in Your Life* (New York: Harper Collins, 2003), chapter 5. See also Reilly, Philip R, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 256–260.

62. Michael Boylan and Kevin E. Brown, *Genetic Engineering: Science and Ethics on the New Frontier* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001), 127.

63. This distinction is outlined in virtually every citation given so far. See, for example, G.J.V. Nossal and Ross L. Coppel, *Reshaping Life: Key Issues in Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 2002), 120–181. But it is not universally accepted as uniform, which leads to further confusion. See Michele Boiani and Hans R. Scholer, "Determinants of Pluripotency in Mammals," in *Principles of Cloning,* ed. Jose Cibell, et al., Boston: Academic Press, 2002, 109–145.

64. Boiani and Scholer, 122–123.

65. Finn Bowring, *Science and Cyborgs: Biotechnology and the Appropriation of Life* (New York: Verso, 2003), 42.

66. R. Michael Blaese. "Germ-Line Modifications in Clinical Medicine." In *Designing Our Descendants: The Promises and Perils of Genetic Modifications,* ed. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel. Baltimore: Johns Hopkins Press, 2003, 75.

67. Boiani and Scholer, 122–123. See also Robert P. Lanza, "Xenotrasplantation," in *Understanding Cloning,* ed. Sandy Fritz, New York: Scientific American, 2002, 84–85.

68. Ibid., 124–125.

69. Jeremy Rifkin, *Algeny* (New York: The Viking Press, 1983), 11.

70. Boiani and Scholer, 180–181.

71. Ibid.

72. Kurt Bayertz, *GenEthics: Technological Intervention in Human Reproduction as Philosophical Problem* (New York: Cambridge University Press, 187), 1.

73. See Chapter 1 of this book and Lee M. Silver, *Remaking Eden: How Genetic Engineering and Cloning Will Transform the American Family* (New York: Avon Books, 1998), 123.

74. Moshe Sipper and James Reggia. "Go Forth and Replicate." In *Understanding Cloning,* ed. Sandy Fritz. New York: Scientific American, 2002, 119–121.

75. President George W. Bush, "Remarks by the President on Stem Cell Research," The Bush Ranch, Crawford, TX, August 9, 2001, www.whitehouse.gov/news/releases/2001/08/20010809-2.html (accessed January, 2005).

76. For example, David McConnell, "The Machine in Man," in *Designing Life? Genetics, Procreation and Ethics,* ed. Maureen Junker-Kenny, Brookfield, VT: Ashgate, 1999, 54ff; Bill McKibben, *Enough: Staying Human in an Engineered Age,* New York: Henry Holt and Company, 2003; Gordon Graham, *Genes: A Philosophical Inquiry,* New York: Routledge, 2002; *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* ed. Brenda Almond and Michael Parker, Burlington, VT: Ashgate, 2003; *Designing Our Descendants: The Promises and Perils of Genetic Modifications,* ed. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel, Baltimore, Johns Hopkins Press, 2003; Laurence E. Karp, MD, *Genetic Engineering: Threat or Promise?* Chicago: Nelson-Hall, 1976; and Leon R. Kass, "New Beginnings in Life," in *The New Genetics and the Future of Man,* ed. Michael P. Hamilton Grand Rapids, MI: William B. Eerdmans, 1972.

77. Hwa A. Lim, *Genetically Yours: Bioforming, Biopharming, Biofarming* (New Jersey: World Scientific, 2002), 172.

78. One of the better discussions appears in Matti Harry, "Deeply Felt Disgust—A Devlinian Objection to Cloning Humans," in *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* ed. Brenda Almond and Michael Parker, Burlington, VT: Ashgate, 2003, 61ff.

79. Fletcher, 28–30. Needless to say, this author strongly favors so-called positive eugenics.

80. Robert H. Blank, *The Political Implications of Human Genetic Technology* (Boulder, CO: Westview Press, 1981), 27.

81. One of the more comprehensive surveys, with an assessment of each genetic prospect, is by John C. Avise in *The Hope, Hype & Reality of Genetic Engineering*, New York: Oxford University Press, 2004. It should be pointed out that Avise is very much agreeable to most (if not all) genetic engineering and so is not an impartial critic. His view of a procedure that does not bode well for the future is generally predicated on its financial prospects combined with its funding possibilities. Occasionally he will make an ethical statement, but these are reserved for mostly the easy cases.

82. Peter R. Wheale and Ruth M. McNally, *Genetic Engineering: Catastrophe of Utopia?* (New York: St. Martin's Press, 1988), 243–245.

83. Reilly, 250ff.

84. Lila Guterman. "Teaching the Body to Kill Cancer." *The Chronicle of Higher Education* (November 12, 2004): A22–A26 (accessed via www.chronicle.com, November, 2004; password required).

85. We generally think of a phrase like this with disgust, thinking it refers to the elitist millionaires and billionaires. While this is certainly true, and even in the following example, it's important to remember that it also applies to those who wrote songs of protest. Consider, for example, the case of David Crosby of the rock group Crosby, Stills, Nash, and Young. While vehemently protesting Vietnam and former President Nixon in the 1960s and 1970, Mr. Crosby appears to have cashed in on his later fame in his sixties when a liver transplant he needed came in record time.

86. Anderson, 113.

87. Suzuki and Knudston, 181–184.

88. Ibid., 255; Jeremy Rifkin, *Algeny, sic passim;* Kass, 42–44; Ira H. Cameron, *Cloning and the Constitution: An Inquiry into Governmental Policymaking and Genetic Experimentation* (Madison WI: Wisconsin University Press, 1985), 6–10; Stephen S. Hall, *Invisible Frontier: The Race to Synthesize a Human Gene* (New York: Atlantic Monthly Press, 1987), 53–60, 240–265.

89. "Send in the Clones," *U.S. News & World Report* 131, no. 7 (August 20, 2001): 12. He promised to do this in a year, which, of course, did not happen.

90. R. Baird Shuman. "Cloning." In *Encyclopedia of Genetics*, ed. Jeffrey A. Knight. Vol. 1. Pasadena, CA: Salem Press, 1999, 112–113.

91. Charles Krauthammer. "Of Headless Mice... and Men." In *Biotechnology*, New York: H. W. Wilson Co., 2000, 97ff.

92. Boylan and Brown, 132–133. One Randolfe Wicker is desirous of cloning himself and was delighted to learn in 2004 that movement in that direction was improving. See Nell Boyce, "The Clone Is Out of the Bottle," *U.S. News & World Report* 136, no. 7 (February 23, 2004): 40 (accessed via *InfoTrac Expanded Academic ASAP Plus*, September, 2004.

93. Colin Tudge. "Growing Pains." *New Statesman* 127, no, 4411 (November 13, 1998): 34 (accessed via *InfoTrac Expanded Academic ASAP Plus*, September, 2004).

94. Henry I. Miller and Gregory Conko. "Let a Hundred Gene-Spliced Flowers Bloom." *The Chronicle of Higher Education*, http://chronicle.com/weekly/v50/i40/40b01201.htm (accessed August, 2004).

95. Megan Garvey. "California Stem Cell Project Energizes Other States to Act."

New York Times (November 22, 2004).

96. Surprisingly, these were predictions Kass made in his "New Beginnings in Life" in *The New Genetics and the Future of Man,*" ed. Michael P. Hamilton, Grand Rapids, MI: William B. Eerdman Publishing Co., 1972, 44–45 long before they surfaced to become the major ethical issues today.

97. Boylan and Brown, 134, 142. The authors contend that no woman or scientists would do this "because it would be unethical." This strikes one (perhaps the cynical among us) as naive. We have on record scientists plagiarizing or fabricating research for not only much less money but something as illusive as "fame."

98. For more about this, see Tom Bethell, "Mengele Medicine," *American Spectator* 37, no. 9 (November, 2004): 34–35.

99. Julie Ann Miller. "Lessons from Asilomar." *Science News* 127 (February 23, 1985): 122–125 (accessed via *InfoTrac Expanded Academic ASAP Plus,* September, 2004).

100. For Roszak, Kass, 154.

الفصل الرابع

1. Michael J. Reiss and Roger Straughan, *Improving Nature? The Science and Ethics of Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 2–3.

2. Rob De Salle and David Lindley, *The Science of Jurassic Park and the Lost World* (New York: HarperCollins, 1997), 65–70.

3. Reiss, 131.

4. Martin Teitel and Kimberly A. Wilson *Genetically Engineered Food: Changing the Nature of Nature* (Rochester, VT: Park-Street Press, 2001), 1.

5. Ibid., 5.

6. Hennery J. Miller and Stephen J. Ackerman, "Perspective on Food Biotechnology" *FDA Consumer* (March 1990) Vol. 24 (2), 12 (accessed via *InfoTrac's Expanded Academic ASAP Plus,* October, 2004).

7. Ibid., 9.

8. Brian Tokar, *Redesigning Life?* (New York, Zed Books, 2001), 8.

9. Ibid. Soy beans, cotton, and corn have nearly all been modified in some manner. See also P. R. Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 158.

10. Ibid., 17.

11. Ricarda A. Steinbrecher. "Ecological Consequences of Genetic Engineering." In Brian Tokar, *Redesigning Life?* New York, Zed Books, 2001, 74–75.

12. E. Yoxen, *The Gene Business: Who Should Control Biotechnology* (New York: Harper & Row, 1983), 3–5. Some argue that even if found completely safe, do we want plants to produce milk instead of cows?

13. David Suzuki and Peter Knudston, *GenEthics: The Clash Between the New Genetics and Human Values* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989), 313; Bill Lambrecht, *Dinner at the New Gene Café: How Genetic Engineering Is Changing What We Eat, How We Live, and the Global Politics of Food* (New York: St. Martin's Press, 2001), 43–45.

14. The story about the monarch butterfly has been widely reported. What has not is the evidence since acquired that indicates the butterfly was unaffected by the *Bt* grain after all. See Pinstrup-Andersen, Per and Ebshioler, *Seeds of Contention: World Hunger and the Global Controversy over GM Crops* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001), 1. See also the end of this chapter.

15. Britt Bailey, *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002), xvi–xix. For rBSt and an additional note on *Bt*, see *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints* ed. James D. Torr, ed. Greenhaven Press: San Diego, 2001, 13–14.

16. Sheldon Krimsky. "Ethical Issues Involving Production, Planting and Distribution of Genetically Modified Crops." In *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002, 12–13.

17. Reilly, 164. In the case of Europe, dockyard workers refused to unload soybeans (or anything with soy in it) that had been genetically modified, whether they were labeled so or not. Europeans first coined the term Frankenfoods and it has since received widespread acceptance.

18. Quoted in Teitel and Wilson, 11.

19. Paul B. Thompson. "Why Biotechnology Needs and Opt Out." In *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002, 32–34.

20. Lambrecht, 3.

21. Brewster Kneen. "Biotechnology." In *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002, 53.

22. Reiss and Straughan, 158.

23. Daniel J. Kevles. "Diamond v. Chakrabarty and Beyond: The Political Economy of Patenting Life." in *Private Science: Biotechnology and the Rise of the Molecular* Sciences, ed. Arnold Thackeray. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1998, 65–72. I follow Kevles' account very closely unless otherwise noted. See also Bruce Schacter, *Issues and Dilemmas of Biotechnology* (Westport, CT: Greenwood Press, 1999), 25–33.

24. William Boyd. "Wonderful Potencies." In *Engineering Trouble: Biotechnology and Its Discontents*, ed. Rachael D. Schurman, Denis Doyle, and Takahaski Kelso. Berkeley: University of California Press, 2003, 38–39.

25. A. Chakrabarty. "Patenting of Life Forms." In *Who Owns Life?* ed. David Magnus, Arthur Capalan, and Geleen McGee. Amherst, NY: Prometheus Books, 2002, 18.

26. Jack Wilson. "Patenting Organisms." In *Who Owns Life?* ed. David Magnus, Arthur Capalan, and Geleen McGee. Amherst, NY: Prometheus Books, 2002, 26–27.

27. Boyd, 41.

28. Wilson, 29.

29. Schacter, 32.

30. Ibid., 36.

31. Ibid., 47–53.

32. Boyd, 52.

33. One of the best discussion of this is David Magnus, "Intellectual Property and Agricultural Biotechnology: Bioprospecting or Biopiracy?" In *Who Owns Life?* ed. David Magnus. Arthur Capalan, and Geleen McGee, Amherst, NY: Prometheus Books, 2002, 265–267.

34. J. H. Dodds, *Plant Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1985), 1.

35. S. H. Mantell, et al., *Principles of Plant Biotechnology* (Oxford, London: Blackwell Scientific Publications, 1985), 3.

36. William Bains, *Genetic Engineering for Almost Everybody* (New York: Penguin Books, 1987), 8–9.

37. A form of this is quoted in Teitel and Wilson, 6. The question uppermost (addressed later) on inquiring minds is why one would want to cross a tree with a carrot in the first place.

38. June Goodfield, *Playing God* (New York: Random House, 1977), 36.

39. Rachael D. Schurman. "Biotechnology in the New Millennium." In *Engineering Trouble: Biotechnology and Its Discontents*, ed. Rachael D. Schurman, Denis Doyle, and Takahaski Kelso. Berkeley: University of California Press, 1.

40. R. Hull. "Viruses as Vectors for Plant Genes." In J. H. Dodds, *Plant Genetic Engineering*, New York: Cambridge University Press, 1985, 95.

41. Charles Piller and Keith R. Yamamoto, *Genetic Wars: Military Control over the New Genetic Technologies* (New York: Basic Books, 1988), 185–188. Unless otherwise noted, I have followed this account closely. See also Reiss and Straughan, 116–117.

42. Pat Spallone, *Generation Games: Genetic Engineering and the Future of Our Lives* (Philadelphia: Temple University Press, 1992), 79.

43. Ibid.

44. Francis Fukiyama, *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnological Revolution* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002), 196–197.

45. Richard J. Mahoney. "The United States Should Continue Investing in Biotechnology." In *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints*, ed. Carol Wekesser. San Diego: Greenhaven Press, 1996, 30–31.

46. Belinda Martineau, *The Creation of the Flavr Savr Tomato and the Birth of Genetically Engineered Food* (New York: McGraw-Hill, 2001). This is the best and most comprehensive history of the story of the Flavr Savr Tomato. Martineau was involved in the development, however, so I have used other research in retelling this story for the sake of balance.

47. Reiss and Straughan, 132, and John Dyson, "Genetic Engineering Improves Agriculture." In *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints*, ed. Carol Wekesser, San Diego: Greenhaven Press, 1996, 68–70.

48. Elizabeth Marshall, *High-Tech Harvest: A Look at Genetically Engineered Foods* (New York: Franklin Watts, 1999), 16–17.

49. Keith Redenbaugh et al. "Determination of the Safety of Genetically Modified Crops." In *Genetically Modified Foods*, ed. Karl-Heinz Engel et al. Washington, DC: American Chemical Society, n. d., 76.

50. Dodds, 4. Statistics cited in the next sentence are also from this source.

51. Ibid., and 158.

52. Christopher Wills, *The Wisdom of Genes: New Pathway in Evolution* (New York: Basic Books, 1989), 115. There must be some tongue-in-cheek meant here as some of Wills' work reads like a scene out of *The Fly.*

53. Sheldon Krimsky, *Biotechnology & Society: The Rise of Industrial Genetics* (New York: Praeger, 1991), 92.

54. Sue Hubbell, *Shrinking the Cat: Genetic Engineering Before We Knew About Genes* (Boston: Houghton Mifflin Co., 2001), 18–19.

55. Ibid., 20.

56. Mae-Wan Ho, *Genetic Engineering: Dream or Nightmare?* (New York: Continuum, 2000), 6.

57. David Barling. "The European Response to GM Foods: Rethinking Food Governance." In *Engineering the Farm*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002, 96.

58. Ibid., 97; Maarten J. Chrispeels and David E. Sadava, *Plants, Genes, and Biotechnology*, 2nd ed. (Sudbury, MA: Jones and Bartlett, 2001), xvii.

59. Dean D. Metcalfe. "Allergenicity of Foods Produced by Genetic Modification." In *Genetically Modified Crops: Assessing Safety*, ed. Keith T. Atherton. New York: Taylor & Francis, 2002, 95. Some of the problems are respiratory complications, eye irritation, skin rashes, and gastrointestinal muscosa and submuscosa. This, as we shall see later in this chapter, remains hotly debated. New research in late 2005 appears for now to explain the allergy and GM foods connection, however.

60. Nick Tomlinson. "The Regulatory Requirements for Novel Foods." In *Genetically Modified Crops: Assessing Safety*, ed. Keith T. Atherton. New York: Taylor & Francis, 2002, 45, 55, 61.

61. Barling, 101.

62. Martineau, 240–241.

63. Lambrecht, 219–223; 232–327. See especially the photograph in Lambrecht, 315: a tomato with the head of a fish!

64. "Biotechnology: Europeans Still Wary of Frankenstein Food." *European Report* (March 19, 2003): 462. Also, "Why The French Say 'Non Merci' to Agricultural Biotech," *On the Plate* (April 26, 2003); Felicia Wu, "Perceptions of Food that Are an Ocean Apart," *Financial Times* (May 13, 2004): 15; "Public Uninformed, Unconcerned about Bioengineered Food," *Medical Letter on the CDC & FDA* (December 16, 2001): 17; Kenneth Klee et al. "The Big Food Fight: Europeans Are Railing against 'Frankenstein Foods'—Genetically Modified Crops that Abound in America. And Exporters Have Been Forced to Listen." *Newsweek International* (September 13, 1999) (accessed via *Infotrac Expanded Academic ASAP Plus*, October, 2004). Saba Anna, Anna Moles, and Lynn J. Frewer,. "Public Concerns about General and Specific Applications of Genetic Engineering: A Comparative Study between the UK and Italy." *Nutrition & Food Science* Number 1 (January/February 1998): 19–29.

65. Herbert Gottweis, *Governing Molecules: The Discursive Politics of Genetic Engineering in Europe and the United States* (Cambridge: MA: MIT Press, 1998), 246–247.

66. Glenn McGee, *Beyond Genetics: Putting the Power of DNA to Work in Your Life* (New York: HarperCollins, 2003), 136.

67. David Goodman, Bernado Sorj, and John Wilkinson, *From Farming to Biotechnology: A Theory of Agro-Industrial Development* (New York: Basil Blackwell, 1987), 140. The authors take quite an optimistic view of these developments while admitting some difficulties in ironing out troublesome details.

68. Thomas Shannon, *What Are They Saying about Genetic Engineering* (New York: Paulist Press, 1985), 75.

69. Reiss and Straughan, 127–130.

70. BST or BGH milk is controversial to some because such cows are also treated with IGF-1, an insulin growth hormone to prevent infections. IGF-1 has been linked to human breast and gastrointestinal cancers. See Teitel and Wilson, 34–36.

71. Lynn J. Frewer, Chaya Howard, and Richard Shepherd. "Genetic Engineering and Food: What Determines Consumer Acceptance." *British Food Journal* 9, no. 8 (1995): 31–36.

72. James Freeman. "You're Eating Genetically Modified Food." In *Biotechnology*, New York: H. W. Wilson Co., 2000, 160ff.

73. Ronnie Cummins and Ben Lilliston, *Genetically Engineered Food: A Self-Defense Guide for Consumers* (New York: Marlowe & Company, 2000), 1–6.

74. E. Nestmann et al. "The Regulatory and Science-based Safety Evaluation of Genetically Modified Food Crops—A USA Perspective." In *Genetically Modified Crops: Assessing Safety*, ed. Keith A. Atherton. New York: Taylor & Francis, 2002, 17–21.

75. Vandana Shiva, *Tomorrow's Biodiversity* (Thanes & Hudson, 2000), 18–19.

76. Cummins and Lilliston, 74.

77. Teitel and Wilson, 5.

78. Ibid., 18.

79. Glodie Blumenstyk. "A New Johnny Appleseed." *Chronicle of Higher Education* at http://chronicle.com/weekly/v49/i45/45a02501.htm (accessed October, 2004).

80. Teitel and Wilson, 142–143.

81. Cummins and Lilliston, 108–109.

82. Shiva, "Genetically Engineered 'Vitamin A Rice.'". In *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar. New York: Zed Books, 2001, 40–41; Mahabub Hossain. "Opening Address: The Challenge to Feed the World's Poor." *Improving Yield, Stress Tolerance, and Grain Quality*, Novartis Foundation, Symposium 236. New York: John Wiley & Sons, 2001, 1–9.

83. Chrispeels and Sadava, 164.

84. Jennifer Ferrar and Micahel K. Dorsey. "Genetically Engineered Foods: A Minefield of Safety Hazards." In *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar. New York: Zed Books, 2001, 62–63; Karl-Heinz Engel. "Foods and Food Ingredients Produced via Recombinant DNA Techniques." In *Genetically Modified Foods*, ed. Karl Heinz Engle et al. Washington, DC: American Chemical Society, n. d., 2–3.

85. Peter Rosset. "Taking Seriously the Claim that Genetic Engineering Could End Hunger." In *Engineering the Farm*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC: Island Press, 2002, 81–87; Ronald Bailey. "Genetically Modifying Food Crops Is Ethical." In *The Ethics of Genetic Engineering*, ed. Lisa Yount. San Diego: Greenhaven

Press, 2002, 34–36; Robert Paarlberg. "Promoting Genetically Modified Crops in Developing Countries Is Ethical." In *The Ethics of Genetic Engineering*, ed. Lisa Yount. San Diego: Greenhaven Press, 2002, 52–54; Lambrecht, 273–275; Rev. Michael Oluwatuyi. "How Will We Feed Africa?" and Jordan J. Ballor. "A Theological Framework for Evaluation Genetically Modified Food." *Acton Institute for the Study of Religion & Liberty*, www.acton.org/newsletters/enviromental/articles/09-17-04_oluwatuyi.html present compelling arguments for GM foods from the Christian perspective (accessed December 2004).

86. Ricarda A. Steinbrecher. "Ecological Consequences of Genetic Engineering." In *Redesigning Life?* ed., Brian Tokar. New York: Zed Books, 2001, 88–89; B. J. Barkla, R. Vera-Estrella, and O. Pantoja. "Towards the Production of Salt-Tolerant Crops." In *Chemicals via Higher Plant Bioengineering*, ed. Fereidoon Shahidi et al. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, 77–102; Kazuko Yamaguchi-Shinozaki and Kazuo Shinozaki. "Improving Plant Drought, Salt and Freezing Tolerance by Gene Transfer of a Single Stress-Inducible Transcription Factor." In *Rice Biotechnology: Improving Yield, Stress, Tolerance, and Grain Quality*. Novartis Foundation, Symposium 236, ed. J. A. Goode and D. Chadwick. New York: John Wiley & Sons, 2001, 176–178; Chrispeels and Sadava, 375.

87. E. Nestmann et al., 3–17; Helen Kreuzer and Adrianne Massey. *Recombinant DNA and Biotechnology: A Guide for Students*, 2nd ed. (Washington, DC: ASM Press, 2001), 293–294.

88. Chrispeels and Sadava, 362. This is based on the 20 most important food crops grown in each region and domesticated there.

89. M.G.K. Jones. "Applications of Genetic Engineering to Agriculture." In *Plant Genetic Engineering*, ed. J. H. Dodd. New York: Cambridge University Press, 1985, 260–263; Steve Olson, *Biotechnology: An Industry Comes of Age* (Washington, DC: National Academy Press, 1986), 22–23.

90. Fred Edwords. "Genetic Engineering Can Be Ethical." In *The Ethics of Genetic Engineering*, ed. Lisa Yount. San Diego: Greenhaven Press, 2002, 11–14; "Bioluminescence: The Glowing Tobacco Plant" at http://library.thinkquest.org/18258/noframes/tobacco.htm (accessed April, 2005); Michael D. Lemonick. "Of Fireflies and Tobacco Plants" at www.Time.com/time/Archives/pr eview/0,10987, 962873,00.html (accessed April, 2005).

91. John C. Avise, *The Hope, Hype, and Reality of Genetic Engineering* (New York: Oxford University Press, 2004), 24–25.

92. Reilly, 158–169. Michael Glueck and Robert J. Cihak. "Biotech Foods Foolishly Feared by Franken-Folk." *Jewish World Review* (July 16, 2004) www.jewishworldreview.com/0704/medicine.men071604.asp (accessed October, 2004); Serena Lei. "Franken-Foods No Scarier then the Rest, Report Says" www.medillnewsdc.com/cgi-bin/ultimatebb.cgi?ubb=get_topic&f=7&t=000211 (accessed October, 2004); "In Defense of Demon Seed." *The Economist (US)* 347, no. 8072 (June 13, 1998): 13–15 (accessed via *Infotrac's Expanded Academic Access ASAP Plus*, November, 2004).

93. Chrispeels and Sadava, 530–538.

94. Leigh Ann Williams, "A History of Great Escapes," *Time International* 159, no. 19, (May 20, 2002): 56 (accessed via *InfoTrac's Expanded Academic ASAP Plus*, November, 2004). All four examples are from this source.

95. Luke Anderson, *Genetic Engineering, Food, and Our Environment* (White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 1999), 54–55; Finn Bowring, *Science and Cyborgs: Biotechnology and the Appropriation of Life* (New York: Verso, 2003), 112–113; Derrick A. Purdue, *Anti-GentiX: The Emergence of the Anti-GM Movement* (Aldershot, Hampshire, UK: Ashgate, 2000), 4–5, where Purdue sees this loss of biodiversity as potentially cataclysmic.

96. Anne K. Hollander. "Genetic Engineering Will Not Reduce World Hunger." In *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints*, ed. David Bender et al. San Diego: Greenhaven Press, 1990, 154–158.

97. Suzanne Havala Hobbs. "Engineered Foods Losing Their Luster." (accessed via www.onthetable.net, December, 2004); Oscar L. Frick. "The Potential for Allergenicity in Transgenic Foods." In *Genetically Modified Foods*, ed. Karl-Heintz Engle et al. Washington, DC: American Chemical Society Press, n. d., 100–112; Jane Rissler and Margaret Mellon, *The Ecological Risks of Engineered Crops* (Cambridge, MA: The MIT Press, 1996), 56–58; Lambrecht, 10–12; 276–280; Mae-Wan Ho, *Genetic Engineering: Dream or Nightmare?* (New York: Continuum, 2000), 18–22.

98. Martha Crouch, "From Golden Rice to Terminator Technology." In *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar. New York: Zed Books, 2001, 30. The grass example following is also from here. Ho, 154, lists seven dangers of the instability of transgenic lines. Stephen Nottingham, *Genescapes: The Ecology of Genetic Engineering* (New York: Zed Books, 2002), 166, argues that the benefits of golden rice for eyesight were exaggerated.

99. Orin Langelle. "From Native Forests to Frankenforest." In *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar. New York: ZedBooks, 2001, 142–144; Rissler and Mellon, 4–8; 27–29.

100. Ralph Nader. "Genetically Modifying Food Crops Is Not Ethical." In *The Ethics of Genetic Engineering*, ed. Lisa Yount. San Diego: Greenhaven Press, Inc, 2002, 48; Jeremy Rifkin, *The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World* (New York: Putnam, 1998), 2–4; Jonathan Hughes. "Genetically Modified Crops and the Precautionary Principle: Is There a Case for a Moratorium?. In *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* ed. Brenda Almond and Michael Parker. Burlington, VT: Ashgate, 2003, 146–149; Nottingham, 174–179, lists 20 risks with transgenic crops and plants.

101. Lambrecht, 7.

102. Norman. C. Ellstrand. "When Transgenes Wander, Should We Worry?. In *Engineering the Farm*, ed. Britt Bailey and Marc Lappé. Washington, DC, 2002, 64–66; Miguel A. Altieri, *Genetic Engineering in Agriculture* (Oakland, CA: LPC Group, 2001), 23–25; Rissler and Mellon, 76–78, 87–89; Margaret Mellon. "An Environmental Perspective." In *The Genetic Revolution: Scientific Prospects and Public Perceptions*, ed. Bernard Davis. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1991, 64–66.

103. Lambrecht, 106–125.

104. Ibid., 151–155, 206–210.

الفصل الخامس

1. Unless otherwise noted, I have followed Ian Wilmut's *The Second Creation: Dolly and the Age of Biological Control* (New York: Farrar, Strauss and Giroux, 2000). See also Gina Kolata, *Clone: The Road to Dolly, and the Path Ahead* (New York: William Morrow and Company), 1998.

2. Phillip Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 295.

3. Wilmut, 3.

4. Ibid, 22–23.

5. Ibid., 126–130.

6. Michael J. Reiss and Roger Straughan, *Improving Nature? The Science and Ethics of Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 167.

7. See www.findclinicalstudy.com/d_home_tc.cfm?did=753&bif=p&type=DO&cid=171612 (accessed February, 2005).

8. Ian Wilmut. "The Limits of Cloning." *NPQ: New Perspectives Quarterly* 21 no. 4 (Fall, 2004): 67–73 (accessed via *Academic Search Premier*, January, 2005).

9. Wilmut, 141–145.

10. Ibid., 155.

11. Louis-Marie Houdebine, *Animal Transgenesis and Cloning* (Chichester, UK: John Wylie & Sons, 2003), 3–5.

12. Wilmut, 184ff.

13. Kolata, 30.

14. Wilmut, 216–217.

15. Richard Hull. "The Benefits of Cloning Outweigh the Risks." In *Biomedical Ethics: Opposing Viewpoints*, ed. Leone Bruno et al. San Diego, CA: Greenhaven Press, Inc., 1998, 19.

16. Wilmut, 245–247.

17. Ibid., 267.

18. Seed, who is thought by some to be a bit full of himself, began by promising to clone himself. Later he decided on cloning his wife since the egoism of the idea of cloning himself became too obvious, even to him.

19. For those who missed the movie, the lead character multiplies himself like Xerox copies.

20. A. J. Klotzo. "The Debate about Dolly." In *Cloning*, ed. Michail Ruse and Aryne Sheppard. Amherst, NY: Prometheus Books, 2001, 24.

21. National Bioethics Advisory Commission. "The Risks of Human Cloning Outweighs the Benefits." In *Biomedical Ethics: Opposing Viewpoints*, ed. Leone Bruno, et al. San Diego, CA: Greenhaven Press, Inc., 1998, 26–28.

22. Kolata, 90–92.

23. Wesley J. Smith, *Consumer's Guide to a Brave New World* (San Francisco: Encounter Books, 2004), 52.

24. Many have discussed this book. Kolata does, 93–95.

25. Smith, 50.

26. Jennifer Cunningham. "Animal-to-Human Organ Transplants." In *Biomedical Ethics: Opposing Viewpoints,* ed. Leone Bruno, et al. San.Diego, CA: Greenhaven Press, Inc., 1998, 88–90.

27. Norman Maclean. "Transgenic Animals in Perspective." In *Animals with Novel Genes,* ed. Norman Maclean. New York: Cambridge University Press, n. d., 3–5.

28. John C. Avise, *The Hope, Hype & Reality of Genetic Engineering* (New York: Oxford University Press, 2004), 85.

29. Richard J. Reece, *Analysis of Genes and Genomes* (West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd., 2004), 362–363.

30. Ibid., 363–364.

31. Edward J. Alcamo, *DNA Technology: The Awesome Skill* (New York: Harcourt Academic Press, 2001), 280. Fetal and stem cells are discussed on p. 283.

32. Bernice Schacter, *Issue and Dilemmas of Biotechnology* (Westport, CT: Greenwood Press, 1999), 362–363.

33. Houdebine, 18.

34. Joseph Levin and David Suzuki, *The Secret of Life* (Boston: WGBH, 1993), 188–189. This technique allows for the creation of mutant mice for research.

35. John Sedivy and Alexandra L. Joyner, *Gene Targeting* (New York: W. H. Freeman and Co., 1992), 174.

36. Ibid., 132.

37. Houdebine, 156–157; Tim Stewart. "Genetic Modification of Animals." In *Exploring Genetic Mechanisms,* eds. Maxine Singer and Paul Berg. Sausalito, CA: University Science Books, 1997, 590–592; Norman Maclean. "Transgenic Animals in Perspective." In *Animals with Novel Genes,* ed. Norman MacLean. New York: Cambridge University Press, n. d., 13. Some of the diseases listed above, such as Tay-Sachs, Lesch-Nyhan, cystic fibrosis, and Fabry disease are targeted for gene therapy or cloned genes but have had targeting problems to date.

38. Craig Holdrege, *Genetics and the Manipulation of Life* (Hudson, NY: Lindisfarne Press, 1996).

39. For an interesting discussion of this problem see, among many others, Lee, 194ff. Also, Alcamo, 273. The so-called knockout mouse is another such animal whose genes for a single organ, or organ system, have been knocked out.

40. Alcamo, 271.

41. Avise, 108–109.

42. Houdebine, 168–169

43. Ibid., 178–179. For cost, National Research Council, *Animal Biotechnology: Science-Based Concerns* (Washington, DC: The National Academic Press, 2002), 104–105.

44. Jennifer Ferrar and Michael K. Dorsey. "Genetically Engineered Foods: A Minefield of Safety Hazards." In *Redefining Life,* ed. Brian Tokar. New York: Zed Books, 2001, 53–55.

45. Ibid. Canada has resisted BGH-milk for more than a decade.

46. Bernice Schacter, *Issues and Dilemmas of Biotechnology* (Westport, CT: Greenwood Press, 1999), 63ff.

47. Avise, 80–82.

48. Ibid., 86–88.

49. Alcamo, 275.

50. For example, Hwa A. Lim, *Genetically Yours: Bioinforming and Biopharming, Biofarming* (New Jersey: World Scientific, 2002), 115.

51. For more, see "S. Korea Unveils First Dog Clone" (Wednesday, August 3, 2005) *BBC News, World Edition* at http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4742453.stm (accessed September, 2005).

52. Michael W. Fox, *Superpigs and Wondercorn: The Brave New World of Technology* (New York: Lyons & Burford, 1992), 114–129, 166–170; Reiss and Straughan, 179.

53. Joseph Levine and David Suzuki, *The Secret of Life* (Boston: WGBH), 177. The flowers were "whiter than white." Gene insertions make it possible for the flower industry to create trendy colors and rush them to market. While this seems innocent enough, similar research on animals might raise strong ethical concerns.

الفصل السادس

1. Merrill Goozner, *The $800 Million Pill: The Truth behind the Cost of New Drugs* (Los Angeles: University of California Press, 2004), 61.

2. James Shreeve, *The Genome War: How Craig Venter Tried to Capture the Code of Life and Save the World* (New York: Alfred A. Knopf, 2004), 13–104. The story is so compellingly told and so incredibly rent with strife that it seems a miracle the project ever succeeded at all, much less with such fanfare and triumph. See especially, 3–9.

3. Interestingly, in the 2004 elections presidential contender John Kerry claimed that funding was insufficient. John Leo, "Stem Cell Debate Is Riddled with Dishonesty," *Conservative Chronicle* (August 25, 2004): 2.

4. Ronald J. Trent, "Milestones in the Human Genome Project: Genesis to Post-genome," *MJA* 173 (December 2000): 591.

5. Ingrid Wickelgren, *The Gene Masters: How a New Breed of Scientific Entrepreneurs Raced for the Biggest Prize in Biology* (New York: Time Books, 2002), 90ff. The early history of the Human Genome Project is told in about four chapters in Wickelgren and is a must-read.

6. Meredith Wadman, "Biology's Bad Boy," *Fortune* 149, no. 5 (March 8, 2004): 166–173 (accessed via *EBSCOhost*, February, 2005, subscription required).

7. Glenn McGee, *The Perfect Baby: A Pragmatic Approach to Genetics* (Lanham, MD: Rowman & Littlefield Publishers, 1997), 17.

8. Ibid.

9. Ingrid Wickelgren, *The Gene Masters: How a New Breed of Scientific Entrepreneurs Raced for the Biggest Prize in Biology* (New York: Time Books, 2002), 11.

10. Malcolm Ritter, "Scientists Cut Estimate of Human Gene Count," *Charlotte Observer* (Thursday, October 21, 2004): 4A.

11. W. Gilbert, "Human Genome Sequencing," in *Biotechnology and the Human Genome: Innovations and Impact*, ed. Avril D. Woodhead (New York: Plenum Press, 1988), 29.

12. Hwa A. Lim, *Genetically Yours: Bioinforming, Biopharming, Biofarming* (Hackensack, NJ: World Scientific, 2000), 4. All figures number base pairs.

13. Francis S. Collins, "The Human Genome Project and the Future of Medicine," in *Great Issues for Medicine in the Twenty-First Century*, ed. Dana Cook Grossman and Heinz Valtin (New York: The Academy of Sciences, 1999), 42–44.

14. Quoted in Craig Holdrege, *Genetics and the Manipulation of Life* (Hudson, NY: 1996), 82.

15. Bowring, 147.

16. Márcio Fabri Dos Anjos, "Power, Ethics and the Poor in Human Genetic Research," in *The Ethics of Genetic Engineering* (New York: Orbis Books, 1998), 80–81.

17. Phillip R. Sloan, "Completing the Tree of Descartes," in *Controlling Our Destinies*, ed. Phillip R. Sloan (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 2000), 10–16.

18. Timothy Lenoir and Marguerite Hays, "The Manhattan Project for Biomedicine," in *Controlling Our Destinies*, ed. Phillip R. Sloan (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 2000), 29–62. The Manhattan Project refers to secret work on the development of the atomic bomb during World War II.

19. Alice Domurat Dreger, "Metaphors of Morality in the Human Genome Project," in *Controlling Our Destinies*, ed. Phillip R. Sloan (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 2000), 180–186.

20. For example, knowing you have a marker for a certain disease, should you have children? Or, knowing that your prenatal child has a certain marker for a fatal disease, do you abort? The problem lies with the markers. Markers only make broad predictions; they are not destiny.

21. S. J. Fitzgerald and Kevin T. Fitzgerald, "Philosophical Anthropologies and the HGP," in *Controlling Our Destinies*, ed. Phillip R. Sloan (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 2000), 405–407; for "big money," see Daniel E. Koshland Jr., "Sequences and Consequences of the Human Genome," in *Emerging Issues in Biomedical Policy*, vol. 1, ed. Robert H. Blank and Andrea L. Bonnicksen (New York: Columbia University Press, 1999), 178.

22. Fred Sanger, "The Early Days of DNA Sequencing," *Nature Medicine* 7, no. 1 (March 2001): 268.

23. Karl Drlica, *Understanding DNA and Genome Cloning* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997), 272–273.

24. Jeremy Rifkin, *The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World* (New York: Jeremy P. Tarcher/Putnam, 1998), 190–191; for the body's ten trillion cells, see Graeme Laurie, *Genetic Privacy: A Challenge to Medico-Legal Norms* (New York: Cambridge University Press, 2002), 86, note 5.

25. Richard J. Reece, *Analysis of Genes and Genomes* (West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2004), 294–295.

26. These are publicly available at http://www.ncbi.nlm.nih.gov/dbEST (accessed February, 2005).

27. Ibid., 308. Recall that the HGP involves more than humans alone.

28. Scientists are divided over whether to refer to DNA as a code. For 50 years or

29. A similar example is found in Gregory Stock and John Campbell, eds., *Engineering the Human Germline: An Exploration of the Science and Ethics of Altering the Genes We Pass to Our Children* (Oxford, UK: Oxford University Press, 2000), 21. The enjambment reads as follows: "like this, but backwards."

30. Quoted in British Medical Association, *Our Genetic Future: The Science and Ethics of Genetic Technology* (Oxford, UK: Oxford University Press, 1992), 132.

31. Suzuki and Knudtson, 110; Paul Debenham, "The Use of Genetic Markers for Personal Identification in the Analysis of Family Relationships," in *Human Genetic Information: Science, Law and Ethics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), 37–39; Norman H. Crawley and P. E. Crawley, "Commercial Exploitation of the Human Genome: What Are the Problems?" In *Human Genetic Information: Science, Law and Ethics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), 133–135. For band and gene probes, see Alcamo, 293–295.

32. Michael Fortun, "The Human Genome Project and the Acceleration of Biotechnology," in *Private Science: Biotechnology ands the Rise of the Molecular Sciences*, ed. Arnold Thackery (Philadelphia: University of Philadelphia Press, 1998), 182–183 and 186.

33. Nossal and Coppel, 42–48.

34. Rick J. Carlson and Gary Stimeling, *The Terrible Gift: The Brave New World of Genetic Medicine* (New York: Public Affairs, 2002), especially 96–100.

35. Schacter, 75–80.

36. Shreeve, 27–29, on science and egos.

الفصل السابع

1. J. Lyon and P. Gorner, *Altered Fates: Gene Therapy and the Retooling of Human Life* (New York: W. W. Norton, 1995), 28. Berg's $125-million Beckman Center for Molecular and Genetic Medicine is counting on this opinion.

2. Geoff Scott, "A Century of Medical Miracles," *Current Health 2, A Weekly Reader Publication* 18, no. 5 (January 1922): 4–10 (accessed via *Expanded Academic ASAP Plus*, December, 2004).

3. Carl Feldbaum, "Some History Should Be Repeated," *Science* 296 No. 5557 (8 February 2002): 975.

4. Jeffery Saver and Titi Tamburi, "Genetics of Cerebrovascular Disease," in *Neurogenetics*, Stefan-M. Puslt (New York: Oxford University Press, 2000), 403.

5. Nell Boyce, "Fat Chance for Meat," *U.S. News & World Report* 136, no. 6 (February 16, 2004): 62–65 (accessed via *academic Search Premier*, January, 2005).

6. Gregory E. Pence, *Recreating Medicine: Ethical Issues at the Frontiers of Medicine* (New York: Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 2000), 3–5.

7. Marque-Lusia Miringoff, *The Social Costs of Genetic Welfare* (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1991), 51–52.

8. Maxwell J. Mehlman, *Wondergenes: Genetic Enhancement and the Future of Society* (Bloomington: Indiana University Press, 2003), 122–124; I.Q. discussion, Francis Fukiyama, *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution* (New York: Farrar, Straus, and Giroux, 2002), 25–32.

9. Michael Reiss and Roger Straughan, *Improving Nature? The Science and Ethics of Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 102–105.

10. Gregory Stock, *Redesigning Humans: Our Inevitable Genetic Future* (New York: Houghton Mifflin Co., 2002), 83–89. Stock indicates the incentive: if nearly every adult took one for life, at a dollar a day for everyone over 45 this would translate into $30 billion annually in the United States alone. Eric Juengst, et al. "Biogerontology, Anti-Aging Medicine and the Challenges of Human Enhancement," *Hastings Center Report* 33, no. 4 (July-August 2003): 21–30; David Stipp, "This Man Would Have You Live a Really, Really, Really, Really Long Time," *Fortune* 149, no. 12 (June 16, 2004): 136–141 (accessed via *EBSCOhost* March, 2005, subscription required).

11. Philip Kitcher, "Patients in the 21st Century: The Impact of Predictive Medicine," in *Great Issues for Medicine in the Twenty-First Century*, ed. Dana Cook Grossman and Heinz Valtin (New York: New York Academy of Sciences, 1999), 142.

12. B. J. Barnhart, et al., "The Human Genome Initiative: Issues and Impacts," in *Biotechnology and the Human Genome: Innovations and Impact*, ed. Avril D. Woodhead (New York: Plenum Press, 1988), 103.

13. Jon Turney, *Frankenstein's Footsteps: Science, Genetics, and Popular Culture* (New Haven: Yale University Press, 1998), 8–9, 100, 101.

14. Marc Lappé, *Genetic Politics: The Limits of Biological Control* (New York: Simon and Schuster, 1979), 117.

15. Glenn McGee, *The Perfect Baby: A Pragmatic Approach to Genetics* (Lanham, MA: Rowman & Littlefield Publishers, 1997), 8–10. Of course, Nazi Germany extended the eugenics debate to its horrible conclusion—genocide.

16. Lappé, 119, 137.

17. Bernard Rollin, *The Frankenstein Syndrome: Ethical and Social Issues in the Genetic Engineering of Animals* (New York: Cambridge University Press, 1995), 16–17.

18. Glenn McGee, *Beyond Genetics: Putting the Power of DNA to Work in Your Life* (New York: HarperCollins, 2003), 59.

19. Kitcher, 143.

20. Hope Shand, "Gene Giants: Understanding the "Life Industry," in *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar (New York: Zed Books, 2001), 233.

21. Troy Duster, "Hidden Eugenics Potential," in *Designing Our Descendants: The Promises and Perils of Genetic Modifications*, ed. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003), 161.

22. Luke Anderson, *Genetic Engineering, Food and Our Environment* (White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co., 1999), 76.

23. Rick Weiss, "U.S. Researchers Reach Deal in '99 Gene Therapy Case," *Washington Post* (February 10, 2005): A03 (accessed February, 2005 via www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A12136-2005Feb9.html?sub=AR, registration required).

24. Sheldon Krimsky, *Biotechnics & Society: The Rise of Industrial Genetics* (New York: Praeger, 1991), 164–165.

25. "Genetic Engineering Promises a Long Line of Improvements to Animals—From Fish that Glow to Mosquitoes without Disease—But Are Federal Regulators Keeping a Watchful Eye?" (accessed via *EBSCOHost,* February, 2005, subscription required).

26. Jeremy Rifkin, *The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World* (New York: Jeremy P. Tarcher/Putnam, 1998), 48.

27. Some see screening as hidden eugenics at work. Troy Duster, "Hidden Eugenics Potential," in *Designing Our Descendants: The Promises and Perils of Genetic Modifications,* ed. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003), 160–161.

28. Finn Bowring, *Science, Seeds and Cyborgs: Biotechnology and the Appropriation of Life* (New York: Verso, 2003), 149–150.

29. Ibid., 180; Ainsely Newson, "Is There a Cost in the Choice of Genetic Enhancement," in *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* ed. Brenda Almond and Michael Parker (Burlington, VT: Ashgate, 2003), 23, 32–33.

30. June Goodman, *Playing God* (New York: Random House, 1977, 59), 104–107. See Chapter 9 for more on this theme.

31. Gilbert S. Omenn, "Genetics and Public Health: Historical Perspectives and Current Challenges and Opportunities," in *Genetic and Public Health in the 21st Century,* ed. Muin J. Khoury, et al. (New York: Oxford University Press, 2000), 38. For diabetes, Andy Coghlan, "UK Cloners Target Diabetes Cure," *New Scientist* 183, no. 2462 (August 21, 2004): 8–10 (accessed via Gale Group, February, 2005, subscription required).

32. Bryan Appleyard, "Are Genes Us?" in *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* ed. Brenda Almond and Michael Parker (Burlington, VT: Ashgate, 2003), 1.

33. Richard Overy, *The Dictators: Hitler's Germany and Stalin's Russia* (New York: W. W. Norton & Company, 2004), 243–244.

34. Graeme Laurie, *Genetic Privacy: A Challenge to Medico-Legal Norms* (New York: Cambridge University Press, 2002), 102–103.

35. Mae-Wan Ho, *Genetic Engineering: Dream or Nightmare?* (New York: Continuum, 2000), 267.

36. Joseph G. Perpich, "The Recombinant DNA and Bioterrorism," *Chronicle of Higher Education* (March 15, 2002), (accessed January, 2005 via chronicle.com/weekly/v48/i27/27b02001.htm, subscription required).

37. "Stem Cell Facts" at www.house.gov/weldon/Stem/Facts.htm (accessed January, 2005).

38. "Stem Cell," *Wikipedia: The Free Encyclopedia* at http://en.wikipedia.org/wiki/Stem_cell_research#Cord_blood_stem_cells (accessed May, 2005).

39. Of course, former President Reagan began his political career as a Democrat.

40. "The Science of Stem Cells" at www.house.gov/weldon/Stem/Science.htm (accessed January, 2005). Let partisan research already cited in this book confirm what is repeated here.

41. Deryck Beyleveld and Shaun Pattinson, "Legal Regulation of Assisted Procreation, Genetic Diagnosis and Gene Therapy," in *The Ethics of Genetics in Human Procreation* (Burlington, VT: Ashgate, 2000), 235–241.

42. "The Science of Stem Cells."

43. Mary Carmichael, "Medicine Next Level," *Newsweek* 144, no. 23 (December 6, 2004): 44–49 (accessed March, 2005 via *EBSCOhost*, subscription required).

44. Andrew Pollack, "Rare Infection Is Confirmed in 2nd Patient on M. S. Drug," *New York Times* (March 4, 2005) at www.nytimes.com/2005/03/04/health/04drug.html (accessed March, 2005). Officials at Tysabri, the company making the drug, announced the deadly brain infection. Some may think that two are not very many but, with one dead and another with the same infection in clinical trials, the finger is doing more than pointing. The infection, known as progressive multifocal leukoencephalopathy (PML), is so rare that even one case is alarming. Two in the same trial was enough to shut the company down. While the link with genetic engineering is admittedly weak, it is enough to raise eyebrows on the process, at least in the case of this disease.

45. J. S. Mill is most famously remembered for his utilitarian concern (often criticized) that if 30 people in a room of 31 decided to eat the 31st, utilitarian philosophy would not find this problematic. Needless to say, the 31st person had considerable difficulty with the idea.

46. Bonnie Steinbock, "Ethical Differences between in Heritable Genetic Modification and Embryo Selection," in *Designing Our Descendants: The Promises and Perils of Genetic Modifications*, ed. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003), 179ff.

47. As in the case of a mother purposely getting pregnant only in order to create a placenta for another son or daughter to use for a disease such as cystic fibrosis. Though such stories can be found in the press, no known disease can be successfully treated with this procedure, though hope springs eternal.

48. Jeffrey Brainard, "Stem Cells that Qualify for Federal Funds May Be Useless for Treatment, Study Says," *Chronicle of Higher Education* 51, no. 22 (February 4, 2005): A22.

49. Silla Brush, "Hoping to Avoid the Brain-Drain, States Push to Finance Stem Cell Research," *Chronicle of Higher Education* 51, no. 22 (February 4, 2005): A22.

50. John Finn, "Stem Cell Hype Is Hard to Combat," *Los Angeles Times* (September 1, 2005). See also Wesley J. Smith, "Science Unstemmed," *American Spectator* (February 2005) 23–26. Smith calls Proposition 71 just another "experiment in Big Biotech's lab of horrors."

51. J. L. Edwards, et al., "Cloning Adult Farm Animals: A Review of the Possibilities and Problems Associated with Somatic Cell Nuclear Transfer," *American Journal of Reproductive Immunology* 50 (2003): 113–123.

52. Ibid.

53. Fred Charles Iklé, "The Deconstruction of Death: The Coming Politics of Biotechnology," *The National Interest* (Winter 2000–2001): 87–95 (accessed via *Academic Search Premier*, January, 2005).

54. Jeremy Rifkin, 24; blood vessels and pancreases, Robert S. Boyd, "Bioengineers Create Spare Parts for Body," *Charlotte Observer* (August 26, 2004): 14A.

55. Carolyn Williams, "Human Cloning, Genetic Engineering and Privacy," at http://www.yale.edu/ynhti/curriculum/units/2000/3/00.03.07.x.html (accessed September, 2005).

56. John Harris, *Clone, Genes and Immortality: Ethics and the Genetic Revolution* (New York: Oxford University Press, 1998), 124–127.

57. Nancy Montagne, "Cystic Fibrosis: Identification of the Gene," in *Emerging Issues in Biomedical Policy*, Vol. 1, ed. Robert H. Bland and Andrea L. Bonnicksen (New York: Columbia University, 1992), 182–185.

58. "Combination Stem Cell–Gene Therapy Approach Seen as Potential Treatment for Cystic Fibrosis," at www.stemcellresearchfoundation.org/WhatsNew/December_2004.htm#4 (accessed February, 2005).

59. Helen Spencer, "The Potential for Stem Cell Therapy in Cystic Fibrosis," *Journal of the Royal Society of Medicine*, 97, no. 44 (2004): 55 (accessed at www.rsmpress.co.uk/s44–52.pdf, February, 2005).

60. Philip R. Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics* (New York: Cold Springs Harbor Press, 2000), xvii.

61. Philip R. Reilly, *Genetics, Law and Social Policy* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977), chapters 2 and 4 especially. See also, Stephen S. Coughlin and Wylie Burke, "Public Health Assessment of Genetic Disposition to Cancer," in *Genetics and Public Health in the 21st Century*, ed. Muin J. Khoury, et al. (New York: Oxford University Press, 2000), 151–160.

62. David Suzuki and Peter Knudtston, *Genethics: The Clash Between the New Genetics and Human Values* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989), 171–173; Penelope Barker, ed. *Genetics and Society* (New York: H. W. Wilson, Co., 1995), 89–101.

63. See for example, Tony Hunter, "Onocogenes, Growth Suppressor Genes, and Cancer," in *Exploring Genetic Mechanisms*, ed. Maxine Singer and Paul Berg (Sausalito, CA: University Science Books, 1997), chapter 4.

64. J. Ettienne-Decant, *Genetic Biochemistry: From Gene to Protein* (New York: John Wiley & Sons, 1988), 166–170.

65. One such breakthrough involves laryngeal cancer. Scientists successfully used antisense RNA to block that cancer's tumorousness. See Edward I. Alcamo, *DNA Technology: The Awesome Skill* (New York: Harcourt Academic Press, 2001), 135.

66. Ibid.

67. H.M.D. Gurling, "Recent Advances in the Genetics of Psychiatric Disorder," in *Human Genetic Information: Science, Law and Ethics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), 48–50; Edwin Cook, Jr., "Genetics of Psychiatric Disorders: Where Have We Been and Where Are We Going?" at ajp.psychiatryonline.org/cgi/content/full/157/7/1039 (accessed February, 2005).

68. "Psychiatric Disorders Detected Using Blood Test," at www.news-medical.net/?id=7390 (accessed February, 2005).

69. "Brain Serotonin Enzyme Finding Might Explain Psychiatric Disorders," at news.mc.duke.edu/news/article.phd?id=7703 (accessed February, 2005).

70. Alcamo, 173.

71. Ibid, 178.

72. Andrew Pollack, "Method to Turn Off Bad Genes Is Set for Tests on Human Eyes," *New York Times* (September 24, 2004) at www.nytimes.com/2004/09/14/business/14gene.html?th (accessed September, 2004).

73. Lakshmi Sandhana, "Chips Coming to a Brain Near You," *Wired News* (October 22, 2004) at www.wired.com/news/archive/0,2618,2004-10-22,00.html (accessed February, 2005).

74. John Avise, *The Hope, Hype, and Reality of Genetic Engineering* (New York: Oxford University Press, 2004), 118–119.

75. Thomas F. Lee, *Gene Future: The Promise and Perils of the New Biology* (New York: Plenum Press, 1993), 153–155. See also "Muscle Stem Cells Show Promise against Muscular Dystrophy in Mouse Model," at www.niams.nih.gov/ne/press/2002/07_03.htm (accessed February, 2005); Yoshihide Suanada, "The Muscular Dystrophies," in *Neurogenetics*, ed. Stefan-M. Puslt (New York: Oxford University Press, 2000), 78–85.

76. Carol Krause, "Genetic Testing Can Save Lives," in *Biomedical Ethics: Opposing Viewpoints*, ed. Bruno Leone, et al. (San Diego, CA: Greenhaven Press, 1998), 202–203.

77. Lyon and Gorner, 7–8.

78. Glenn McGee, *Beyond Genetics: Putting the Power of DNA to Work in York Life* (New York: HarperCollins, 2003), 77.

79. "Genetic Link Made in Breast Cancer," *Charlotte Observer* (February 28, 2005) at www.charlotte.com/mld/observer/news/10967601.htm?1c (accessed February, 2005).

80. Lyon and Gorner, 31.

81. Ibid., 31–33.

82. Ibid., 77.

83. Ibid., 86.

84. Rick J. Carlson and Gary Stimeling, *The Terrible Gift: The Brave New World of Genetic Medicine.* (New York: Public Affairs, 2002), 111–112.

85. Ibid., 215–221. The history is a most useful one to review. Anderson is credited with the birth. At the time of Lyon and Gorner's history, Anderson was involved in 26 of the then-known 37 gene protocols worldwide, p. 281.

86. Reilly (2000), xvi-xvii. Reilly argues that somatic gene therapy, or the correction of disease by delivering normal genes to the cells of affected individuals, "cannot claim a single cure."

87. Carlson and Stimeling, 24–25.

88. Ho, 249.

89. Gregory Stock and John Campbell, *Engineering the Human Germline: An Exploration of the Science and Ethics of Altering the Genes We Pass to Our Children* (Oxford, UK: Oxford University Press, 2000), 46–47.

90. Marcy Darnovsky, "The Case Against Designer Babies: The Politics of Genetic Enhancement," in *Redesigning Life?* ed. Brian Tokar (New York: Zed Books, 2001), 147.

91. Fred Edwards, "Genetic Engineering Can Be Ethical," in *The Ethics of Genetic Engineering*, ed. Lisa Yount (San Diego, CA: Greenhaven Press, Inc.), 16.

92. Michael Hamilton, ed., *The New Genetics and the Future of* Man (Grand Rapids, MI: William B. Eerdmans, 1972), 49–50, emphasis in the original. Also quoted in Jon Turney, *Frankenstein's Footsteps: Science, Genetics, and Popular Culture* (New Haven: Yale University Press, 1998), 160.

93. Karl A. Drlica, *Double-Edged Sword* (New York: Addison-Wesley Publishing, Co. 1994), 12–13.

94. For the latter, whether it is ethical to knowingly bring a child with genetic defects to term, see Shelia A. McLean in *The Ethics of Genetics in Human Procreation,* ed. Hille Haker and Deryck Beyleveld (Aldershot, UK: Ashgate, 2000), 20–25.

95. Rifkin, 30–31.

96. Finn, 234. See also www.galegroup.com/free_resources/whm/trials/babym.htm (accessed March, 2005).

97. Lee M. Silver, *Remaking Eden: How Genetic Engineering and Cloning Will Transform the American Family* (New York: Avon Books, 1998), 98.

98. In the case of *Davis v. Davis* 824 S.W.2d 558 (Tenn. 1992), the embryos were awarded to the mother. See also Melanie Blum, "Embryos and the New Reproductive Technologies" at http://www.surrogacy.com/legals/embryotech.html (accessed September, 2005).

99. "Perfect?" *The Economist* (April 14, 2001) (accessed via *Expanded Academic ASAP Plus,* January, 2005).

100. Frederick Grinnell, "Defining Embryo Death Would Permit Important Research," *Chronicle of Higher Education* (May 16, 2003) at http://chronicle.com/weekly/v49/i36/36b01301.htm (accessed November, 2004, subscription required).

101. Nicholas Wade, "Tracking the Uncertain Science of Growing Heart Cells," *New York Times* (March 14, 2005) (accessed March, 2005 via www.nytimes.com, registration required).

الفصل الثامن

1. The terms DNA fingerprinting and DNA profiling are actually synonymous. But DNA fingerprinting is most often used in the press, while practitioners refer to profiling. Susan Aldridge, *The Thread of Life: The Story of Genes and Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 162.

2. I have relied on Robert Cook-Deegan, *The Gene Wars: Science, Politics and the Human Genome* (New York: W. W. Norton & Co.), 299–300.

3. DNA testing was first used in American courts in 1986 but did not come full circle until after the Jeffreys case. Cook-Deegan, 302.

4. Ibid.

5. Ibid.; Edward I. Alcamo, *DNA Technology: The Awesome Skill* (New York: Harcourt Academic Press, 2001), 208–217.

6. *American Journal of Law and Medicine* 18, no. 3 (1992): 287; William C. Thompson, "Evaluating the Admissibility of New Genetic Identification Tests: Lessons from the DNA Wars," *The Journal of Criminal Law & Criminology* 84, no. 1 (1993): 22–104; Jordan K. Garrison, "Courts Face the Exciting and the Inevitable: DNA in Civil Trials," *The Review of Litigation* 23, no. 2 (Spring, 2004): 435–461.

7. "When the Evidence Lies: Joyce Gilchrist Helped Send Dozens to Death Row. The Forensic Scientist's Errors Are Putting Capital Punishment under the Microscope," *Time* (May 21, 2001) Vol. 157 (20), 38–41.

8. Karl A. Drlica, *Double-Edged Sword* (New York: Addison-Wesley Publishing Co., 1994), 122.

9. Ibid.

10. Robert S. Boyd, "Frozen Ark to Preserve DNA of Species at Risk," *New York Times* (October 16, 2004):18A.

11. Ronald Bailey, "Unlocking the Cells," in *Biotechnology* (New York: H. W. Wilson Co., 2000), 39. I've greatly simplified the procedure found here.

12. G. V. Nossal and Ross L. Coppel, *Reshaping Life: Key Issues in Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 2002), 95.

13. British Medical Association, *Our Genetic Future: The Science and Ethics of Genetic Technology* (Oxford: Oxford University Press, 1992), 206.

14. Aldridge, 163.

15. Michael J. Reiss and Roger Straughan, *Improving Nature? The Science and Ethics of Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 1996), 7–8.

16. Bernice Schacter, *Issue and Dilemmas of Biotechnology* (Westport, CT: Greenwood Press, 1999), 146–151. The description of the process is from Schacter but reduced to its simplest parts.

17. Alcamo, 217.

18. Sandy Primrose, Richard Twyman, and Bob Old, *Principles of Gene Manipulation*, 6th edition (Malden, MA: Blackwell Science, 2001), 281; Thomas F. Lee, *Gene Future: The Promise and Perils of the New Biology* (New York: Plenum Press, 1993), 46–47; Patricia A. Ham, "An Army of Suspects: The History and Constitutionality of the U.S. Military's DNA Repository and Its Access for Law Enforcement Purposes," *The Army Lawyer* (July/August 2003):1–19.

19. "O.J. vs. the (1-in-170 Million) Odds," *U.S. News & World Report* 118, no. 20 (May 22, 1995). (Accessed via EBSCOHost's *Academic Search Premier*, April, 2005, subscription required).

20. P. R. Reilly, *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics*, (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), 55.

21. Quoted in Lee, 48.

22. Ibid., 79. The paper is called "Aggressive Behavior, Mental Sub-Normality and the XYY Male." See also Suzuki and P. Knudston, *Genethics: The Clash between the New Genetics and Human Values* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989), 145–157.

23. Suzuki and Knudston, 155.

24. Francisco Corte-Real, "Forensic DNA Databases," *Forensic Science International* 146 (December, 2004): S142; "DNA Forensics Work, but the Databanks Need to Be Filled," *Science & Government Report* 39, no. 9 (May 15, 2001): 5 (accessed via *Expanded Academic ASAP Plus*, January, 2005).

25. Reiss and Straughton, 213.

26. Ibid., 197.

27. Schacter, 145.

28. Jennifer A. Dlouhy, "Opposition Leaves DNA Inmate Access Bill a Missing Link from Evidence Chain," *CQ Weekly* 62, no. 39 (October 9, 2004): 2382.

الفصل التاسع

1. Alexander Pope, *Rape of the Lock*, ed. Cynthia Wall (Boston: Bedford Books, 1998), Canto I, lines 1–2, 53.

2. B. J. Barnhart, et al., "The Human Genome Initiative: Issues and Impacts," in *Biotechnology and the Human Genome: Innovations and Impacts*, ed. Avril D. Woodhead (New York: Plenum Press, 1988),106.

3. Alan Ryan, "Eugenics and Genetic Manipulation," in *The Genetic Revolution and Human Rights: The Oxford Amnesty Lectures 1998*, ed. Justine Burley (Oxford, UK: Oxford University Press, 1999), 125.

4. The red state/blue state dichotomy came to us via the Gore-Bush campaign and was later solidified by the Bush-Kerry elections. The upshot is that the country is very evenly divided between red states (in which more conservative-minded voters voted for Bush) and blue states (in which more liberal-minded voters voted for Gore). The majority of the US land mass is red, versus much smaller blue land mass (but with much larger populations). The 2004 elections followed a nearly identical division between red and blue states.

5. Kurt Bayertz, *GenEthics: Technological Intervention in Human Reproduction as a Philosophical Problem* (New York: Cambridge University Press, 1987), 23.

6. Amitai Etzioni, *Genetic Fix* (New York: Macmillan Publishing Co., 1973), 101; Bernard B. Davis, "Novel Pressures on the Advance of Science," *Ethical and Scientific Issues Posed by Human Uses of Molecular Genetics* (New York: New York Academy of Sciences), 200. Bernard writes, "I would further emphasize a distinction between biomedical technology, which aims at preventing and alleviating illnesses, and the kinds of technology that aim at bigger and better consumption."

7. Ibid., 103.

8. Shattuck, *Forbidden Knowledge* (New York: St. Martin's Press, 1996), *sic passim.*

9. Sheldon Krimsky, *Science in the Private Interest: Has the Lure of Profits Corrupted Biomedical Research?* (New York: Rowman & Littlefield, Inc., 2003), 125–126.

10. Quoted in Krimsky, 129.

11. James Shreeve, *The Genome War: How Craig Venter Tried to Capture the Code of Life and Save the World* (New York: Alfred A. Knopf, 2004). Even after Venter was fired and the company's stock plummeted, his net worth was still in excess of $100 million, down from $500 million. Good men have averted their gazes for far less. This much money will not guarantee an averted gaze but it surely raises the odds. More significant than even this, however, is Shreeve's concentration on the vast egos among the early principal characters, Collins, Venter, and Watson. It does not bode well for the future to have such power in the hands of men so easily swayed by personal aggrandizement.

12. Krimsky, 130–131.

13. Names listed on research often number in the half-dozens because just about anyone can append his or her name to a paper for supplying only one footnote. This is a small exaggeration, but not by much. Scientific papers are notorious for having casts of thousands in the authorship line.

14. Krimsky, 131.

15. Bernard E. Rollin, *The Frankenstein Syndrome: Ethical and Social Issues in the Genetic Engineering of Animals* (New York: Cambridge University Press, 1995), 70. The researcher points to the release of killer bees in California. With a name like that, one would have thought more than mundane care would have been indicated.

16. Ibid., 141.

17. William W. Lowrance, *Modern Science and Human Values* (New York: Oxford University Press, 1985), 6. I am indebted to Tom Moore for pointing this book out to me.

18. Ibid., 7.

19. Wesley J. Smith, *Consumer's Guide to a Brave New World* (San Francisco: Encounter Books, 2004), 100.

20. Lowrance, 15–20; 61; 90–99. I have changed Lowrance's points slightly for this discussion. Lowrance calls the rhetorical arrogance of some scientists' pronouncements as "unconstructive nonsense," 103.

21. C. S. Lewis, *Pilgrim's Regress: An Allegorical Apology for Christianity, Reason and Romanticism* (Grand Rapids, Eerdmans, 1959), 68.

22. W. French Anderson, "Human Gene Therapy: Scientific and Ethical Considerations," in *Ethics, Reproduction and Genetic Control,* ed. Ruth F. Chadwick (New York: Croom Helm, 1987), 157.

23. Bernard Gert, "Genetic Engineering of Humans is Largely Unethical," in *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints,* ed. James D. Torr (San Diego, CA: Greenhaven Press, 2001), 69.

24. Karen Lebacqz, "The Ghosts Are on the Wall," in *The Manipulation of Life,* ed. Robert Esbjornson (San Francisco: Harper & Row, 1984), 24–26.

25. Christian Anfinsen, "Bio-Engineering: Short-Term Optimism and Long-Term Risk," in *The Manipulation of Life,* ed. Robert Esbjornson (San Francisco: Harper & Row, 1984), 42, 48. For more on regulation, see "National Policies to Oversee Inheritable Genetic Modifications Research," in *Designing Our Descendants, The Promises and Perils of Genetic Modifications,* eds. Audrey R. Chapman and Mark S. Frankel (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003), chapter 20.

26. Lebacqz, 32–34.

27. Smith, 104–105.

28. Leon R. Kass, "Triumph or Tragedy? The Moral Meaning of Genetic Technology," in *The Ethics of Genetic Engineering,* ed. Lisa Yount (San Diego: Greenhaven Press, Inc., 2002), 79. Kass makes similar points in "New Beginnings in Life," in *The New Genetics and the Future of Man,* ed. Michael P. Hamilton (Grand Rapids, MI: William B. Eerdsman Publishing Co., 1972), 16–17; 20–21; 40–41.

29. President's Council on Bioethics. *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness* (Washington, DC, 2003), 43.

30. Andy Miah, "Patenting Human DNA," in *Ethical Issues in the New Genetics: Are Genes Us?* eds. Brenda Almond and Michael Parker (Burlington, VT: Ashgate, 2003), 112–113.

31. Kass, 82–87.

32. Merrill Goozner, *The $800 Million Pill: The Truth Behind the Cost of New Drugs* (Los Angeles: University of California Press, 2004), 30.

33. Gilbert Meilaender, "Mastering Our Gen(i)es: When Do We Say No?" *The Christian Century* 107, no. 27 (October 3, 1990): 872–873.

34. Graeme Laurie, *Genetic Privacy: A Challenge to Medico-Legal Norms* (New York: Cambridge University Press, 2002), 25–30.

35. E. V. Kontorovich, "Human Cloning Is Unethical," in *Genetic Engineering: Opposing Viewpoints*, ed. James D. Torr (San Diego, CA: Greenhaven Press, 2001), 102–103.

36. Charles Piller and Keith Yamamoto, *Gene Wars: Military Control over the New Genetic Technologies* (New York: Beech Tree Books, 1998), 34–35.

37. Bernard Davis, "Comments: The Scientific Chapters," in *Genetic Revolution: Scientific Prospects and Public Perceptions*, ed. Bernard Davis (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1991), 263.

38. George Smith, II, *The New Biology: Law, Ethics, and Biotechnology* (New York: Plenum Press, 1989), 46.

39. President's Council on Bioethics, 38.

40. June Goodfield, *Playing God* (New York: Random House, 1977), 118–120.

41. J. Lyons and Peter Gorner *Altered Fates: Gene Therapy and the Retooling of Human Life* (W. W. Norton & Co., 1995), 544.

42. Gregory Stock, *Redesigning Humans: Our Inevitable Genetic Future* (New York: Houghton Mifflin Co., 2002), 178.

43. James Shreeve, "The Other Stem-Cell Debate," *New York Times* (April 10, 2005) at www.nytimes.com/2005/o4/10/magazine/10CHIMERA.html?th&emc=th (accessed April, 2005).

44. Jeffrey Brainard, "A New Kind of Bioethics," *Chronicle of Higher Education* (May 21, 2004) at chronicle.com/weekly/v50/i37/37a02201.htm (accessed February, 2005).

45. President's Council on Bioethics, xvii.

46. Robert Novak, "Stem Cell Vote Swap," *Conservative Chronicle* 20, no. 14 (April 6, 2005): 29.

47. Gina Kolata and Sheryl Gay, "Koreans Report Ease in Cloning for Stem Cells," *New York Times*, May 20, 2005 at http://query.nytimes.com/gst/abstract.html?res = fb0e13fb3f5d0c738eddac0894dd404482 (accessed June, 2005).

48. See David Cyranoski, "Korea's Stem-Cell Stars Dogged by Suspicion of Ethi-. cal Breach," *Nature* 2004;429(3) at http://www.nature.com/news/2004/040503/pf/429003a_pf.html (accessed June, 2005).

49. Deb Riechmann, "Bush Condemns S. Korea Stem Cell Advances" at http://www.abcnews.go.com/Politics/wireStory?id = 778442 (accessed June, 2005).

50. E-mail communication, John Finn, from the Associated Press, dated June 2, 2005, page D3.

51. For example, John C. Avise, *The Hope, Hype, & Reality of Genetic Engineering* (New York: Oxford University Press, 2004), *sic passim;* John Harris, *Clones, Genes, and Immortal-*

ity: Ethics and Genetic Revolution (New York: Oxford University Press, 1998), 196–211; 222–241; *Recombinant DNA and Biotechnology: A Guide for Students,* 2nd ed., eds. Helen Kreuzer and Adrianne Massey (Washington, DC: ASM Press, 2001), 275–280.

52. Andy Coghlan, "Engineering the Therapies of Tomorrow," *New Scientist* 138, no. 1870 (24 April 1993): 26, 28.

53. Sondra Wheeler, "Contingency, Tragedy and the Virtues of Parenting," in *Beyond Cloning: Religion and the Remaking of Humanity* (Harrisburg, PA: Trinity International, 2001), 120.

54. Thomas F. Lee, *Gene Future: The Promise and Perils of the New Biology* (New York: Plenum Press, 1993), 120.

55. Stock, 141. The pregnancy drug, thalidomide, may provide the moral. It's premature use led to a generation in which thousands of babies were born without arms or legs, or with mere buds of the same. While time perfected the use of such drugs (we are now far more abstemious about their use among pregnant women), the cost was as high as any we have ever paid.

56. Rollin, 92.

57. Ibid., 114–120.

58. Steven Milloy, "Science-Politics Tension Dates back Centuries" at www.foxnews.com/story/0,2933,136999,00.html (accessed April, 2005).

59. Allen D. Berhy, "Playing God," in *Genetic Ethics: Do the Ends Justify the Genes?* eds. John R. Kilner, Rebecca D. Pentz, and Frank E. Young (Grand Rapids, MI.: William B. Eerdmans Co., 1997), 60.

60. Ibid., 61.

61. Lewis Thomas, "Early Morning Thoughts of a Chairman after a Conference," in *The Manipulation of Life,* ed. Robert Esbjornson (San Francisco: Harper & Row, 1984), 1.

62. W. French Anderson, "Genetics and Human Malleability," in *Emerging Issues in Biomedical Policy,* Vol. 1, ed. Robert H. Blank and Andrea L. Bonnicksen (New York: Columbia University Press, 1992), 196.

63. Jon W. Gordon, *The Science and Ethics of Engineering the Human Germ Line* (New York.: Wiley-Liss, 2003), 226.

64. Before her tragic death, Ms. Schiavo could swallow and breathe on her own but could not speak, write, talk, or walk She was bedridden and cared for 24 hours a day. Her husband sought and acquired a court order to have her feeding tube removed but her parents intervened, thinking that she could be rehabilitated with proper care. A state court ordered the tube removed but Congress passed an act forcing the federal courts to intervene. After an appellate court overruled any future intervention, Ms. Schiavo died.

65. Gordon, 229.

66. Gilbert Meilaender makes a similar point.

67. Thomas A. Shannon, *Made in Whose Image? Genetic Engineering and Christian Ethics* (Amherst, New York: n. p. Originally published Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1997), 2000, 123–125. I have adapted Shannon's points for use here.

68. G.J.V. Nossal and Ross L. Coppel, *Reshaping Life: Key Issues in Genetic Engineering* (New York: Cambridge University Press, 2002), 191.

69. Paul Flaman, *Genetic Engineering, Christian Values, and Catholic Teaching* (New York: Paulist Press, 2002), 18–21.

70. Randolph E. Schmid, "Study: Cloned Meat, Milk, Nearly the Same," *My Way News* at http://apnews.myway.come/article/20050411/D89DEC9O0.html (accessed April, 2005).

71. Sheldon Krimsky, *Biotechnics & Society: The Rise of Industrial Genetics* (New York: Praeger, 1991), 16.

72. Spallone, 117.

73. Walter Charles Zimmerli, "Who Has the Right to Know the Genetic Constitution of a Particular Person?" in *Human Genetic Information: Science, Law, and Ethics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), 100.

74. This may seem impossible on first reading but the Weyco Company in Wisconsin now regularly tests for nicotine and will fire any employee who tests positive. Not only this, but the company reserves the right to fire a person regardless of whether that testing reveals nicotine consumption on or off the job.

75. Spallone, 16–17.

76. Goodfield, 190.

77. Rick J. Carlson and Gary Stimeling, *The Terrible Gift: The Brave New World of Genetic Medicine* (New York: Public Affairs, 2002), 248.

78. Arinzeh won the Presidential Award in 2004, the nation's highest scientific award, for her forward-thinking research in adult stem cell work. See "NJIT Presidential Award Winner Takes Stem Cell Research Another Step" at www.worldhealth.net/p/416.html (accessed April, 2005). The distinction between adult and embryonic stem cell research may be moot if very recent research proves accurate. A new stem cell procedure on mice allows extraction without the destruction of the embryo. For more see Wade, Nicholas, "Stem Cell Test Tried on Mice Saves Embryo." New York Times, October 17, 2005, accessed via www.nytimes.com/2005/10/10/health/17stem.html, October 2005.

79. For more on this see "History of Chemical Warfare and Current Threat" at www.nbc-med.org/SiteContent/MedRef/OnlineRef/FieldManuals/medman/History.htm (accessed April, 2005). Of course, the threat of biochemical use comes from terrorists and so research to contain and/or prevent it must be ongoing. The so-called first use of these weapons was banned after World War I and the Geneva Protocol of 1925. See also Meryl Nass, "Can Biological, Toxin, and Chemical Warfare be Eliminated?" *Politics and the Life Sciences* (February, 1992): 30–32 at www.anthraxvaccine.org/CV/Pol_Sci_1992.html (accessed April, 2005).

80. Ibid., 277.

81. My point here is that there is no federal group with this power and authority, and there should be. My thunder here is somewhat stolen by the news that this has just recently been strongly urged. See Nicholas Wade, "Group of Scientists Drafts Rules on Ethics for Stem Cell Research," *New York Times* (April 27, 2005) at http://www.nytimes.com/2005/04/27/health/27stem.html? (accessed April, 2005, registration required).





قصة تكنولوجيا

الهندسة الوراثية

مارك ي. هيرينغ

خلال زمن قصير، أصبحت الهندسة الوراثية واحدة من القضايا الأكثر إثارة للجدل في عصرنا. يعرض هيرينغ في هذا الكتاب تاريخاً مفصلاً للمناظرة بأسلوب منصف ومتوازن، موضحاً الحجج المؤيدة والحجج المعارضة على حدّ سواء. تغطي الفصول القصصية مواضيع مثل مشروع الجينوم البشري، ومزواجة الجينات، والاستنساخ، والطعام المعدّل وراثياً، والدنا (DNA) وحل الجرائم.

سيجد الطلاب وعامة الناس في هذا الكتاب دراسة شاملة لمناظرة الهندسة الوراثية إضافة إلى ملاحق تتضمن آراء عالمين بارزين في الموضوع.



تتألف سلسلة «قصة تكنولوجيا» من الكتب التالية:
الإلكترونيات، القطارات والسكك الحديدية، القذائف والصوار...
الروبوتات، تسجيل الأصوات، الهاتف، الهندسة الوراثي...


ISBN 978-614-01-0258-3
9 786140 102583




الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbooks.com

تصميم الغلاف: سامح خلف